

**Caracterización de la Mezcla de Cacao Variedades CCN 51 (Colección Castro Naranjal) e
ICS 39 (Imperial College Selections) Producido en la Finca García Ubicada en la Vereda
Casiano del Municipio de Floridablanca**

Yeimi Carolina Orozco Ortiz

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Programa Ingeniería de Alimentos

Bucaramanga

2021

**Caracterización de la Mezcla de Cacao Variedades CCN 51 (Colección Castro Naranjal) e
ICS 39 (Imperial College Selections) Producido en la Finca García Ubicada en la Vereda
Casiano del Municipio de Floridablanca**

Yeimi Carolina Orozco Ortiz

Proyecto de Investigación Presentado como Requisito para Obtener el Título Profesional

Ingeniero de Alimentos

Director:

Ms.C Martha Barrera Hernández

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Programa Ingeniería de Alimentos

Bucaramanga

2021

Nota de aceptación:

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Dedicatoria

Dedico este proyecto a Dios que me dio la salud, fuerzas y sabiduría para lograrlo.

A mis padres porque siempre me motivaron y apoyaron a cumplir este propósito de ser profesional y me dieron la posibilidad de realizar esta investigación en su finca.

Agradecimientos

A mi directora Martha Barrera Hernández, por orientarme en este proceso con su experiencia, por estar siempre atenta y ser de motivación para lograr mi objetivo.

Al Ingeniero Lucas Quintana por compartir su amplia experiencia en la industria del cacao y por todas sus recomendaciones durante la ejecución de mi proyecto de investigación.

A todos los docentes del programa de ingeniería de alimentos que durante mi proceso de formación aportaron sus conocimientos que hoy se ven reflejados en este resultado.

Resumen

El cacao (*Theobroma cacao L.*), representa uno de los productos agrícolas más importantes en varios países tropicales del mundo, su uso principalmente se destina a la industria de la chocolatería, confitería y la cosmética. Las características físicas y químicas del grano definen su clasificación y de la misma forma la asignación de valor comercial. Los procesos de poscosecha juegan un factor crucial para garantizar sus características fisicoquímicas y sensoriales.

La etapa de fermentación ha sido considerada determinante en la calidad final del grano, consiste en una serie de cambios bioquímicos que dan lugar al desarrollo de sabor y aroma del chocolate, en este se presentan cambios de pigmentación interna, desde color violeta a marrón claro-oscuro; transformación del sabor astringente, amargo y transformación de los azúcares por acción de las levaduras en alcoholes los cuales son convertidos en ácido acético por las bacterias acéticas.

En este proyecto se evaluaron las variedades CCN 51 (Colección Castro Naranjal) e ICS 39 (Imperial College Selections) producido en la finca García ubicada en la vereda Casiano del municipio de Floridablanca – Santander en cuanto a sus características fisicoquímicas y sensoriales definidas en la NTC 1252:202, mediante el seguimiento y monitoreo a la variable de temperatura en la etapa de fermentación y la estandarización del tiempo de la etapa en 6 días (150 horas) y ciclos de volteo o mezcla a las 48, 72, 96, 120 y 144 horas. Las mazorcas cosechadas fueron sometidas a proceso de beneficio que comprendió desgranado, fermentación y secado.

Los resultados en la etapa de beneficio realizando el monitoreo de temperatura en la fermentación mostraron temperaturas máximas en la etapa aerobia de 38,6°C y en la etapa anaerobia se alcanzaron temperaturas máximas de 50,6°C después del primer volteo, la temperatura empezaba su descenso después de las 12 horas del volteo y así fue su comportamiento después de airear la masa de fermentación.

Una vez obtenido el grano de cacao seco se tomó una muestra representativa para caracterización fisicoquímica y sensorial, encontrando porcentaje de granos bien fermentados del 89%, granos insuficientemente fermentados y violetas 11%, granos sin fermentar o pizarrosos 0%, masa de 100 granos con un promedio de 180 g, contenido de humedad del 6,4%, ausencia de granos con moho interno y granos dañados por insectos o germinados.

Como conclusión, los resultados mostraron que el cacao producido con las condiciones aplicadas de tiempo de fermentación y frecuencias de volteo se obtienen granos con atributos físicos y sensoriales que lo clasifican como cacao premium/especial basado en la NTC 1252:2021.

Palabras claves: Cacao, fermentación, temperatura, levaduras, bacterias ácido lácticas, bacterias ácido acéticas.

Abstract

Cocoa (*Theobroma cacao* L.), represents one of the most important agricultural products in several tropical countries of the world, its use is mainly intended for the chocolate, confectionery and cosmetic industry. The physical and chemical characteristics of the grain define its classification and in the same way the assignment of commercial value. Postharvest processes play a crucial factor in guaranteeing its physicochemical and sensory characteristics.

The fermentation stage has been considered decisive in the final quality of the grain, it consists of a series of biochemical changes that give rise to the development of the flavor and aroma of chocolate, in this there are changes of internal pigmentation, from violet to light brown. Dark; transformation of the astringent, bitter taste and transformation of sugars into alcohols by yeasts which are converted into acetic acid by acetic bacteria.

In this project, the varieties CCN 51 (Castro Naranjal Collection) and ICS 39 (Imperial College Selections) produced in the García farm located in the Casiano village of the municipality of Floridablanca - Santander were evaluated in terms of their physical, physicochemical and sensory characteristics defined in the NTC 1252: 2021 by monitoring and monitoring the temperature variable in the fermentation stage and the standardization of the stage time in 6 days (150 hours) and the turning cycles at 48, 72, 96, 120 and 144 hours. The harvested ears were subjected to a beneficiation process that included shelling, fermentation and drying.

The results in the beneficiation stage by monitoring the temperature in the fermentation showed maximum temperatures in the aerobic stage of 38.6 ° C and in the anaerobic stage, maximum temperatures of 50.6 ° C were reached after the first turning, the temperature it began its descent after 12 hours of turning and this was its behavior after aerating the fermentation mass.

Once the dry cocoa bean was obtained, a representative sample was taken for physicochemical and sensory characterization, finding a percentage of well-fermented beans of 89%, insufficiently fermented beans and violets 11%, unfermented or slaty beans 0%, mass of 100 beans with an

average of 180 g, moisture content of 6.4%, absence of grains with internal mold and grains damaged by insects or germinated.

As a conclusion, the results showed that the cocoa produced with the applied conditions of fermentation time and turning frequencies are obtained beans with physical and sensory attributes that classify it as premium / special cocoa based on NTC 1252: 2021.

Keywords: Cocoa, fermentation, temperature, yeasts, lactic acid bacteria, acetic acid bacteria.

Tabla de Contenido

Introducción	13
Marco Teórico y Contextual	16
Generalidades del cacao	16
Marco Legal.....	23
Variedades de Cacao en estudio	25
Compuestos químicos no volátiles en la almendra de cacao	31
Especificaciones de calidad del cacao en grano para comercialización nacional	35
Características sensoriales de cacao en grano seco	38
Clasificación del cacao en grano para comercialización nacional	42
Beneficio del cacao.....	44
Cosecha.....	44
Desgranado	46
Fermentación	48
Fase de fermentación anaerobia	49
Fase de fermentación aerobia	50
Cinética de la fermentación del cacao	52
Microorganismos implicados en el proceso de fermentación	55
Métodos de fermentación	57
Maderas para la fabricación de cajones fermentadores	61
Diseño de cajones de fermentación	64
Secado.....	65
Sistemas de secado	66
Objetivos	70
Objetivo general	70
Objetivos específicos.....	70
Materiales y métodos	70
Material vegetal	70
Maquinaria y equipos	71
Beneficio del cacao.....	75

Seguimiento y monitoreo a la variable temperatura en la etapa de fermentación	79
Volteos en la etapa de fermentación	80
Muestreo de los granos de cacao seco	81
Análisis físicos, químicos y sensoriales	83
Resultados y discusión	86
Seguimiento y monitoreo a la variable temperatura durante la etapa de fermentación.....	86
Volteos en la etapa de fermentación.....	89
Análisis físicos, químicos y sensoriales	91
Conclusiones	100
Recomendaciones	101
Referencias bibliográficas	102
Apéndices	108

Lista de figuras

Figura 1. Países de Producción de Cacao, Franja de Latitud	17
Figura 2. Clasificación Tradicional de Cacao	19
Figura 3. Cacaos de América	19
Figura 4. Producción de Cacao Año 2020 en Toneladas.....	21
Figura 5. Cacao Variedad CCN 51.....	25
Figura 6. Cacao Variedad ICS 39.....	28
Figura 7. Evolución de los Polifenoles Totales Durante la Fermentación	33
Figura 8. Evoluación de las Procianidinas Durante la Fermentación.....	34
Figura 9. Cambios Bioquímicos Internos y Externos Durante la Fermentación en el grano de Cacao	51
Figura 10. Dinámica de Microorganismos en la Fermentación	53
Figura 11. Degradación del Sustrato y Cinética de Producción de Metabolitos en la Fermentación	53
Figura 12. Mecanismos de Formación de Precusores de Sabor de Chocolate a partir de la Composición del Grano y Proceso Poscosecha.....	54
Figura 13. Cajón Fermentador Lineal	58
Figura 14. Cajón Fermentador Tipo Escalera	58
Figura 15. Fermentador de Bandejas.....	59
Figura 16. Tambor Rotatorio de Fermentación	59
Figura 17. Fermentación en Sacos	60
Figura 18. Fermentación en Montones.....	61
Figura 19. Ubicación Finca García	71
Figura 20. Cajón Fermentador	72
Figura 21. Circuito Electrónico del Dispositivo.....	74
Figura 22. Equipo Sensor de Seguimiento y Monitoreo de Temperatura	75
Figura 23. Colorimetría de Mazorcas Cosechadas	76

Figura 24. Desgranado del Cacao	77
Figura 25. Etapas de Fermentación de Cacao	78
Figura 26. Método de Secado de Cacao en Marquesina.....	79
Figura 27. Seguimiento y Monitoreo de Temperatura de Fermentación	80
Figura 28. Volteo en la Fermentación del Grano	81
Figura 29. Diagrama de Flujo de la Secuencia de Ensayos para el Análisis de Calidad	82
Figura 30. Muestra de Referencia para Análisis Físico, Químico y Sensorial.....	83
Figura 31. Curva de Temperatura de Fermentación con la Totalidad de Datos.....	87
Figura 32. Curva de Temperatura de Fermentación con Selección de Datos	88
Figura 33. Frecuencia de Volteos Realizados en el Proceso de Fermentación	90
Figura 34. Prueba de Recuento de Grano.....	93
Figura 35. Prueba de índice de Grano	94
Figura 36. Prueba de Contenido de Almendra	95
Figura 37. Prueba de Corte.....	97
Figura 38. Selección Cualitativa de la Prueba de Corte	98

Lista de tablas

Tabla 1. Annex “C” of the International Cocoa Agreement, 2010	13
Tabla 2. Producción Nacional de Cacao Año 2020 por Departamentos	21
Tabla 3. Características Variedad CCN 51	25
Tabla 4. Características Variedad ICS 39	29
Tabla 5. Especificaciones Sensoriales para el Cacao en Grano Seco	35
Tabla 6. Características Sensoriales para el Cacao en Grano Seco e Ilustraciones.....	38
Tabla 7. Clasificación del Cacao en Grano para Comercialización Nacional	43
Tabla 8. Principales Microorganismos que Intervienen en la Fermentación del Cacao	55
Tabla 9. Árboles Maderables Recomendados para la Fabricación de Cajones de Fermentación ..	61
Tabla 10. Medidas Cajones Fermentadores y Capacidad	65
Tabla 11. Prácticas de Poscosecha Usadas por Productores Colombianos.....	68
Tabla 12. Resultados del Contenido de Humedad	91
Tabla 13. Resultados Análisis Recuento de Grano	92
Tabla 14. Resultados Análisis Índice de Grano	93
Tabla 15. Resultados Análisis Contenido de Almendra.....	94
Tabla 16. Concepto del Análisis Sensorial Realizado a los Granos.....	95
Tabla 17. Resultados Prueba de Corte	97
Tabla 18. Análisis de Características Sensoriales Internas del Grano	98

Lista de apéndices

Apéndice A.	Reporte de resultados de análisis de humedad	108
Apéndice B.	Planos del cajón fermentador usado en el proceso de fermentación	110
Apéndice C.	Registro fotográfico del proceso poscosecha del cacao	111
Apéndice D.	Registro fotográfico del monitoreo y seguimiento de temperatura	114
Apéndice E.	Registro fotográfico de la caracterización de grano de cacao seco	117
Apéndice F.	Base de datos registro equipo de monitoreo y seguimiento de temperatura	121

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao L.*), es reconocido como uno de los productos agrícolas de origen tropical de mayor penetración en el mercado internacional, las exportaciones de grano seco con respecto al volumen producido en Colombia para el año 2019 representaron el 15% de la producción nacional. (Minagricultura, 2020)

En el año 2019 se registró una producción de cacao en Colombia de 59.740 Toneladas, en un área plantada de 183.409 hectáreas por 65.341 familias cacaoteras distribuidas en 422 municipios de 27 departamentos del país generando 165.000 empleos directos e indirectos. (Minagricultura, 2020)

La organización Internacional del Cacao (ICCO), organización global compuesta por países productores y consumidores de cacao (López, 2020), define quienes son los países exportadores de cacao fino o de aroma, esta lista ha sido revisada sucesivamente por el Panel Ad Hoc sobre cacao fino o de aroma en los años 2004, 2008, 2010 y 2015. En diciembre de 2020 se realizó revisión, actualización y aprobación de la lista de los países exportadores de cacao fino o de aroma en la sesión 34 del consejo internacional del cacao en donde se detalla en el documento Revision of annex “C” of the international Cocoa Agreement (ICA), 2010-34th Special Session of the International Cocoa Council, Como se muestra en la tabla 1 Colombia fue ratificada con el 95% del total de sus granos de cacao exportados con la categoría de cacao fino o de aroma. (ICCO, 2020)

Tabla 1.*Annex “C” of the International Cocoa Agreement, 2010*

Countries	Council Decision December 2020
Belize	a/
Bolivia	a/
Brazil	100%
Colombia	95%
Costa Rica	100%
Dominica	100%
Dominican Republic	60%

Fuente: (ICCO, 2020)

Las condiciones de producción y los procesos no estandarizados en la poscosecha del cacao generan variaciones en la calidad final del grano y afectación a su inocuidad, la falta de control en el proceso hace que el producto sea clasificado como cacao corriente y como consecuencia el pago es menor, significando pérdidas económicas significativas al productor por ausencia en la aplicación de buenas prácticas agrícolas y controles en etapas críticas como lo es el proceso de fermentación, dando lugar a granos insuficientemente fermentados y sin fermentar, afectando la calidad de los subproductos elaborados.

A pesar de los esfuerzos realizados y todo el trabajo articulado de la entidades públicas y privadas de la industria de cacao, en la actualidad existe aún problemática en zonas en donde las comunidades desconocen los procesos poscosecha que se debe dar al cacao para obtener calidad de grano homogénea que permita mejorar sus características y por lo tanto mejorar su precio de venta, en su mayoría radican en la aplicación de buenas prácticas agrícolas y la estandarización

de la etapa de fermentación debido a limitaciones de tiempo, recursos económicos, tecnológicos y de formación técnica.

La etapa de fermentación del cacao es un proceso bioquímico fundamental en el beneficio del cacao donde se producen alcoholes (etanol) y ácidos (láctico y acético), con la participación de microorganismos benéficos como levaduras y bacterias en ambientes aeróbicos y anaeróbicos, entre los objetivos principales del proceso se destacan, desdoblar los azúcares de la pulpa en alcohol y luego en ácido acético, transformar el color interno y externo de la almendra activando así los colores sabores y aromas característicos del chocolate, incrementar la temperatura permitiendo el fisuramiento del grano y la muerte del embrión, reducir sabores amargos y astringentes del grano. (CNCh, 2019a)

El proceso de fermentación de las almendras de cacao representa una etapa crucial en el desarrollo de precursores de sabor y aroma del chocolate, se producen cambios bioquímicos que causan la disminución del amargor y la astringencia. Además, se recomienda la fermentación para evitar el crecimiento de hongos ocratoxígenos y la formación de OTA (Ocratoxina A) producida por mohos del género *Aspergillus*, dado que los ácidos acéticos, lácticos y cítricos producidos por las bacterias durante la fermentación pueden inhibir la formación de especies fúngicas indeseables.

Entre los factores que influyen en el proceso de fermentación y en consecuencia la calidad del grano fermentado, se destaca la variedad del cacao, la adición de cultivos iniciadores bacterianos, la modificación de la relación pulpa/grano, el tipo de fermentador usado, el tiempo del proceso, la aireación y la frecuencia de remoción de la masa fermentante. (Teneda, 2016)

En base a lo anterior este documento presenta los resultados obtenidos en el estudio y caracterización de la producción de cacao con la implementación de seguimiento y mejoramiento en el proceso de fermentación con monitoreo de temperatura, tiempo y volteos estandarizados,

con el fin de conocer la incidencia en el control del proceso poscosecha en las características de calidad del grano, aportando al desarrollo productivo, económico y social de la comunidad.

Marco Teórico y Contextual

Generalidades del cacao

(ICCO, 2018) afirma, el género *Theobroma* (“alimento de los dioses” en griego), se originó hace millones de años en América del sur al este de los Andes. *Theobroma* se ha dividido en veintidós especies de las cuales *T cacao* es la más conocida. Evidencia arqueológica reciente encontrada en el sur de Ecuador indica que los granos ya eran utilizados hace más de 5.300 años por la población nativa y 1.500 años antes de la domesticación del árbol. Desde entonces, las semillas de *T cacao* habían sido utilizadas por varias civilizaciones precolombinas incluyendo los Mayas (Abarcando actualmente México, Guatemala y Honduras), los Incas (que abarcan actualmente Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia) y los Aztecas (Cubren el actual sur de México). Los granos de cacao fueron utilizados por las civilizaciones precolombinas como ingrediente alimentario (en bebidas, mezclado con harina de maíz y especias). Pero también como moneda para el comercio o para rituales).

El primer forastero en beber chocolate fue Cristóbal Colón, que llegó a Nicaragua en 1502 en busca de una ruta marítima hacia las especias del oriente, Pero fue Hernán Cortés, líder de una expedición en 1519 al imperio Azteca, quien regreso a España en 1528 con la receta azteca del xocoatl (bebida de chocolate), fue recibida inicialmente sin entusiasmo y no fue hasta que se le añadió el azúcar que se convirtió en una bebida popular en las cortes españolas y gradualmente en otras cortes europeas. Para satisfacer la creciente demanda europea, el cultivo de cacao se extendió lentamente durante el periodo de colonización a las tres principales áreas productoras de cacao actuales: Asia, África y América Latina y el Caribe.

Hubo intentos de satisfacer la demanda interna española mediante la siembra de cacao en territorios españoles como República Dominicana, Trinidad y Haití, pero inicialmente no dieron resultado. Más exitosos fueron los frailes capuchinos españoles, que cultivaron cacao criollo en Ecuador alrededor de 1635. La carrera de las naciones mercantiles europeas por reclamar tierras para cultivar cacao comenzó en serio a fines del siglo XVII. Francia introdujo el cacao en Martinica y Santa Lucía (1660), República Dominicana (1665), Brasil (1677), las Guayanas (1684) y Granada (1714); Inglaterra tenía cacao creciendo en Jamaica en 1670; y, antes de esto, los holandeses se habían apoderado de las plantaciones en Curazao cuando se apoderaron de la isla en 1620. (ICCO, 2018)

(Mejía, Castro, Carvajal, Castrillón, & Puerta, 2017) Afirma que el cacao se cultiva en países que geográficamente se ubican en la franja tropical de la tierra (Figura1), es una especie de origen americano y sin embargo la mayor producción de este cultivo se encuentra en África, continente que cuenta con tres grandes productores: Costa de Marfil, Ghana y Nigeria, en Asia y Oceanía se encuentran como principales productores Indonesia, Nueva Guinea y Malasia y en América se destacan Brasil, Ecuador, Colombia y México.

Figura 1.

Países de Producción de Cacao, Franja de Latitud.



Fuente: (ICCO, 2018)

El cacao es un fruto en forma de baya con estructuras y colores variables dependiendo del genotipo, con tamaño entre 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, el número de granos que contiene una baya es de 20 a 40 recubiertos por pulpa mucilaginoso de color blanco crema y este conjunto cubierto por una cáscara gruesa y dura. (IICA, 2017)

El sistema tradicional de clasificación que aún se emplea indica que existen tres tipologías de cultivares a partir de los cuales se desprenden las variedades, híbridos y clones que se siembran a nivel mundial: criollos, forasteros y trinitarios (figura 2).

Los cacaos criollos tienen su origen en el norte de Sudamérica y Centro América, se caracterizan por poseer un sabor suave y aromático, se encuentran principalmente en Venezuela, América Central, Papua Nueva Guinea, Las Antillas del Caribe, Sri Lanka, Timor Oriental y Java. Dominaron el mercado internacional hasta mediados del siglo XVIII. Debido a su alta susceptibilidad a enfermedades y baja productividad se ha ido reduciendo como cultivo y en el mercado. El cacao criollo representa el 5% de la producción mundial. (IICA, 2017)

Los cacaos de tipo forastero dominan la producción y el comercio mundial de granos, son originarios de la cuenca Amazónica y son producidos en los cuatro continentes cacaoteros (África, Asia, América y Oceanía), se caracteriza por tener frutos generalmente ovalados y cortos. (IICA, 2017)

(Mejía et al., 2017), afirma que el sabor del cacao forastero es muy ordinario y amargo. Es considerada una variedad de cacao ordinario y nativo de los países como Brasil, Colombia, Perú y Bolivia. Esta variedad es cultivada en África y representa el 85% de la producción mundial.

Los cacaos trinitarios son tipos generados por la hibridación de criollos y forasteros. Son muy heterogéneos genética y morfológicamente. Su origen se establece en Trinidad y Tobago y se presume que la hibridación fue el resultado de un proceso de cruzamiento espontaneo y natural. Su cultivo está ampliamente extendido en América y en algunos países de África,

representa alrededor del 15% de la producción mundial, sus granos son reconocidos en el mercado por su calidad. (IICA, 2017)

Figura 2.

Clasificación Tradicional de Cacao



Fuente: (IICA, 2017)

Investigaciones recientes establecen una nueva clasificación que refleja con mayor precisión la diversidad genética. El origen, la clasificación y la diferenciación de la población dentro de las especies se pueden comprender con la expresión de 1241 accesiones que cubren un amplio muestreo geográfico, que fueron genotipificadas con 106 marcadores microsatélites. Entre los cueles se encuentran el marañón, el curaray, el criollo, el iquitos, el nanay, el contamana, el amelonado, el purús, el nacional y el guayana como grupos genéticos. (IICA, 2017)

Figura 3.

Cacaos de América



Fuente: (Rodriguez-Medina, Escobar, Caro-Quintero, & Yockteng, 2020)

En Colombia el cultivo de cacao se desarrolla en las zonas de Valles Interandinos Secos, la Zona Marginal Baja Cafetera, La Montaña Santandereana y el Bosque Húmedo Tropical. Cada una de estas zonas cuenta con condiciones de clima, topografía y suelos que las hace en mayor o menor medida aptas para el desarrollo del cultivo del cacao generando así algunas ventajas o desventajas frente a otras desde el punto de vista del potencial productivo y algunas prácticas de manejo. (Fedecacao, 2013c)

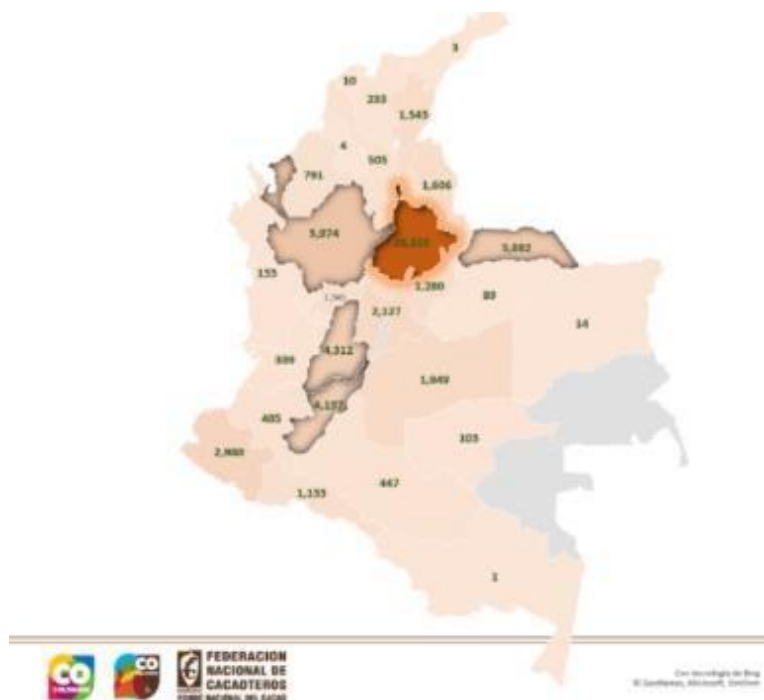
Valles Interandinos Secos: comprende las áreas ubicadas en los departamentos de Huila, Valle de Cauca, Cauca, el sur del departamento del Tolima, Magdalena, Cesar, Guajira y Valle del Zulia.

Región Andina o Zona Marginal Baja Cafetera: comprende principalmente al Eje Cafetero, Suroeste antioqueño, Caldas y Risaralda.

Montaña Santandereana: incluye principalmente los departamentos de Santander y Norte de Santander, áreas cacaoteras de los municipios de San Vicente de Chucurí, Landázuri, El Playón y Ríonegro. Esta es la zona donde se encuentra la mayor área cacaotera del país.

Bosque Húmedo Tropical: comprende municipios de Arauquita, Tame Saravena y Fortul al igual a que a la región costera de Tumaco y parte de los departamentos de Guaviare y Meta. (Fedecacao, 2013c)

En Colombia, según (Fedecacao, 2021), la producción del año 2020 ascendió a 63.416 toneladas. En el periodo comprendido entre 2015 y 2019 el área sembrada en cultivos de cacao ha tenido un crecimiento del 11% y la producción se ha incrementado en un 9%. Para el año 2019, se incrementó el área en 7447 hectáreas sembradas, para una tasa del 4% con respecto al año anterior y la producción en 2.873 toneladas para un aumento del 5%. (Minagricultura, 2020).

Figura 4.*Producción Nacional de Cacao Año 2020 en Toneladas*

Fuente: (Fedecacao, 2021)

Tabla 2.*Producción Nacional de Cacao Año 2020 por Departamentos*

Departamento	Año 2020	% Participación
Santander	26.315	41%
Antioquia	5.974	9%
Arauca	5.082	8%
Tolima	4.312	7%
Huila	4.197	7%
Nariño	2.980	5%
Cundinamarca	2.127	3%

Meta	1.949	3%
Norte de Santander	1.606	3%
Cesar	1.543	2%
Caldas	1.343	2%
Boyacá	1.280	2%
Putumayo	1.133	2%
Córdoba	791	1%
Bolívar	505	1%
Cauca	485	1%
Caquetá	447	1%
Quindío	339	1%
Valle del Cauca	339	1%
Magdalena	233	0,4%
Chocó	133	0,2%
Guaviare	103	0,2%
Casanare	89	0,1%
Risaralda	79	0,1%
Vichada	14	0,02%
Atlántico	10	0,02%
Sucre	4	0,01%
La Guajira	3	0,01%
Amazonas	1	0,001%
Totales	63.416	100%

Fuente: adaptado de (Fedecacao, 2021)

Los departamentos en donde se cultiva el cacao se muestran en la figura 4 y tabla 2.

Santander es el principal productor de cacao a nivel nacional con una participación del 41% del total de la producción, seguido por Antioquia con una participación del 9% Arauca 8%, Huila 7%, Tolima 7% y Nariño con un 5%. (Minagricultura, 2020).

Marco Legal

Leyes

Ley 9 1979 Por la cual se dictan medidas sanitarias (Congreso Nacional, 1979)

Resoluciones

Resolución 030021: 2017 Requisitos para la certificación en buenas prácticas agrícolas en producción primaria de vegetales y otras especies para consumo humano. (ICA, 2017)

Resolución 082394:2020 Por Medio de la cual se modifica los artículos 2, 3, 4, 12, y 14 de la Resolución 30021 de 2017. (ICA, 2020)

Resolución 224:2007 Requisitos mínimos que deben cumplir los empaques de los productos agrícolas para consumo humano que se importen, se produzcan y se comercialicen en el territorio nacional. (Minagricultura & Mincomercio, 2007)

Resolución 2906:2007 Por la cual se establecen los límites máximos de residuos de plaguicidas, LRM, en alimentos para consumo humano y en piensos o forrajes. (Minagricultura & Minprotección, 2007)

Normas Internacionales

ISO 2451: 2017 Cacao en grano – Especificaciones y requisitos de calidad. Especifica los requisitos, clasificación, muestreo, métodos de ensayo, empaque y etiquetado de granos de cacao. Recomendaciones relacionadas con almacenamiento y desinfestación son establecidas en la guía

del anexo G y H respectivamente. Anexo I establece información para el muestreo para el análisis preliminar de calidad que puede adoptarse por acuerdo de las partes interesadas. (ISO, 2017)

Normas Técnicas Colombianas

NTC 1252:2021 Cacao en grano – Especificaciones y requisitos de calidad. Este documento especifica los requisitos, clasificación, muestreo, métodos de ensayo, empaque y etiquetado para el cacao en grano (*Theobroma cacao L*). Los aspectos relacionados con el almacenamiento y la desinfestación se dan como guía en los anexos I y J, respectivamente. El Anexo K tiene únicamente fines informativos y establece un procedimiento de muestreo para el análisis preliminar de calidad que puede adoptarse por acuerdo de todas las partes interesadas. Este documento es aplicable tanto al cacao en grano destinado a la comercialización internacional como al destinado a la comercialización nacional. (ICONTEC, 2021b)

NTC-ISO 2292:2021 Cacao en grano – Muestreo. Especifica las condiciones generales relacionadas con el muestreo para determinar la calidad del cacao en grano. Esta norma también proporciona los requisitos y las recomendaciones acerca del procedimiento por seguir para el muestreo de cacao en grano, en sacos y a granel. (ICONTEC, 2021a)

NTC 5811:2010 Buenas prácticas agrícolas para cacao. Recolección y beneficio. Requisitos generales. Define los requisitos generales y recomendaciones de las buenas prácticas agrícolas que sirvan de orientación a los productores de cacao, tanto para el mercado nacional, y el de exportación como para la agroindustria. Con el fin de mejorar las condiciones de la producción de cacao con un enfoque preventivo, en busca de la inocuidad, la competitividad, la seguridad de los trabajadores y el desarrollo sostenible. (ICONTEC, 2010)

Variedades de Cacao en estudio

(Villamil, Martínez, Aranzazu, & Cadena, 2013), en su catálogo de 26 cultivares definen las características para las dos variedades en estudio.

CCN 51 (Colección Castro Naranjal)

Figura 5.

Cacao Variedad CCN 51



Fuente: El autor (2021).

Tabla 3.

Características Variedad CCN 51

Origen	Ecuador
Seleccionado por (año)	Homero Castro (1960)
Pedigrí	ICS 95 X IMC 67
Rendimiento (kg/ha/año)	1.441
Índice de mazorca (IM)	15
índice de grano (IG)	1,6

Compatibilidad	AC
% Intercompatibilidad (♀)	68
Reacción artificial a Monilia	MR

Características del fruto

Color inmaduro	Rojo intermedio
Color maduro	Rojo Naranja
Forma	Obolongo
Forma del ápice	Obtuso
Rugosidad	Intermedia
Longitud (cm)	21,4 ± 0,74
Diámetro (cm)	9,5 ± 0,3
Relación L/D	2,2 ± 0,03
Peso (g)	763,5 ± 65,43

Características Químicas

% Grasa	59,6 ± 0,45
% Fibra	3,1 ± 0,37
% Proteína	11,6 ± 0,41

Características de las semillas

Color Predominante	Morado
Peso húmedo/Fruto (g)	224,9 ± 13,44
Semilla/Fruto	48,3 ± 2,20
Longitud (mm)	25,7 ± 0,26
Diámetro (mm)	14,4 ± 0,13

Grosor (mm)	$9,1 \pm 0,19$
-------------	----------------

% cascarilla	$11,8 \pm 0,49$
--------------	-----------------

Contenido de ácidos grasos

% Esteárico	$35,1 \pm 0,21$
-------------	-----------------

% oleico	$31,7 \pm 0,27$
----------	-----------------

% Palmítico	$28,0 \pm 0,53$
-------------	-----------------

Características de las hojas

Longitud (cm)	$35,7 \pm 0,68$
---------------	-----------------

Ancho (cm)	$12,3 \pm 0,27$
------------	-----------------

Relación Largo/Ancho	$2,9 \pm 0,05$
----------------------	----------------

Longitud de base al punto más ancho	$18,6 \pm 0,61$
-------------------------------------	-----------------

Forma	Ovada
-------	-------

Forma del ápice	Acuminado corto
-----------------	-----------------

Forma de la base	Obtuso
------------------	--------

Color del brote terminal	Rojo intermedio
--------------------------	-----------------

Características de la flor

Longitud del estaminodio (mm)	$6,6 \pm 0,20$
-------------------------------	----------------

Longitud del ovario (mm)	$1,9 \pm 0,05$
--------------------------	----------------

Longitud del estilo (mm)	$2,0 \pm 0,08$
--------------------------	----------------

Número de óvulos por ovario	$46,2 \pm 1,02$
-----------------------------	-----------------

Color de la flor	Rosado
------------------	--------

Antocianina en sépalos	Intensa
------------------------	---------

Color del pedúnculo	Rojizo
---------------------	--------

Antocianina en el limbo del pétalo	Presente
------------------------------------	----------

Sustancias funcionales

Polifenoles totales (mg EAG/g muestra seca)	67,2 ± 2,04
Cafeína (mg/g muestra seca)	2,5 ± 0,17
Teobromina (mg/g muestra seca)	10,9 ± 0,18
Relación Teobromina/cafeína	4,5 ± 0,33

Fuente: Adaptada de (Villamil et al., 2013)

Perfil sensorial CCN 51. Licor con suave aroma a cacao y ácido, color café medio, sabor a frutos maduros y en el medio tiempo afloran notas de chocolate. Acidez media sostenida, se encontraron notas bajas de nuez. (Villamil et al., 2013)

Variedad ICS 39 (Imperial College Selections)

Figura 6.

Cacao Variedad ICS 39



Fuente: El autor (2021).

Tabla 4.*Características variedad ICS 39*

Origen	Trinidad
Seleccionado por (año)	J.F. Pound (1931)
Pedigrí	Híbrido de Trinitario x Criollo
Rendimiento (kg/ha/año)	1.598
Índice de mazorca (IM)	12
índice de grano (IG)	2,3
Compatibilidad	AI
% Intercompatibilidad (\varnothing)	75
Reacción artificial a Monilia	S
Características del fruto	
Color inmaduro	Verde intermedio
Color maduro	Amarillo
Forma	Obolongo
Forma del ápice	Agudo
Rugosidad	Intermedia
Longitud (cm)	$23,9 \pm 0,38$
Diámetro (cm)	$10,6 \pm 0,22$
Relación L/D	$2,3 \pm 0,03$
Peso (g)	$914,4 \pm 52,31$
Características Químicas	
% Grasa	$58,5 \pm 0,23$

% Fibra	$4,3 \pm 0,02$
% Proteína	$11,7 \pm 0,16$

Características de las semillas

Color Predominante	Morado
Peso húmedo/Fruto (g)	$218,5 \pm 11,35$
Semilla/Fruto	$39,1 \pm 1,75$
Longitud (mm)	$28,2 \pm 0,29$
Diámetro (mm)	$17,2 \pm 0,16$
Grosor (mm)	$12,0 \pm 0,18$
% cascarilla	$11,5 \pm 0,63$

Contenido de ácidos grasos

% Esteárico	$35,5 \pm 0,05$
% oleico	$32,9 \pm 0,06$
% Palmítico	$26,0 \pm 0,12$
% Linoleíco	$3,1 \pm 0,00$

Características de las hojas

Longitud (cm)	$37,5 \pm 1,48$
Ancho (cm)	$13,3 \pm 0,43$
Relación Largo/Ancho	$2,8 \pm 0,07$
Longitud de base al punto más ancho	$20,0 \pm 0,99$
Forma	Ovada
Forma del ápice	Acuminado corto
Forma de la base	Obtuso

Color del brote terminal	Rojo brillante
--------------------------	----------------

Características de la flor

Longitud del estaminodio (mm)	6,5 ± 0,30
Longitud del ovario (mm)	1,7 ± 0,10
Longitud del estilo (mm)	1,7 ± 0,10
Número de óvulos por ovario	40,8 ± 1,66
Color de la flor	Crema
Antocianina en sépalos	Ligera
Color del pedúnculo	Rojizo
Antocianina en el limbo del pétalo	Ausente

Sustancias funcionales

Polifenoles totales (mg EAG/g muestra seca)	74,5 ± 2,66
Cafeína (mg/g muestra seca)	4,2 ± 0,44
Teobromina (mg/g muestra seca)	11,8 ± 0,88
Relación Teobromina/cafeína	3,0 ± 0,36

Fuente: Adaptada de (Villamil et al., 2013)

Perfil sensorial ICS 39. Aroma ácido, color café medio, sabor de fruta ácida que perdura hasta el final y sabor bajo a cacao, pero sostenido. Presenta notas bajas de caramelo y nuez (Villamil et al., 2013).

Compuestos químicos no volátiles en la almendra de cacao

Grasa

La manteca de cacao representa entre el 50% y el 57% de peso seco de la almendra de cacao y es el responsable de las propiedades de fusión del chocolate. Una de las propiedades típicas de la manteca de cacao es la aparición de cantidades sustanciales de glicerol-1,3-dipalmitato-2-oleato (POP), glicerol-1-palmitato-2-oleato-3-estearato (POS) y glicerol-1,3-diestearato-2-oleato (SOS), que son los tres principales triglicéridos que representan el 92-96% de la composición de lípidos totales de la manteca de cacao.

Estos triglicéridos son los principales responsables de proporcionar la cristalización y el derretir característico del chocolate a temperatura corporal.

El POS es el principal líder de componentes de triglicéridos presentes en la manteca de cacao con 42,5-46,4% seguido de SOS (27,8-33,0%) y de POP (18,9%-22,6%).

Los principales ácidos grasos de la manteca de cacao son el ácido palmítico (C16) 25,0-33,7%, ácido esteárico (C18:0) 33,7-40,2%, ácido oleico (C18:1) 26,3-35,0% y ácido linoleico (C18:2) 1,7-3,0%, que aportan alrededor de 98% del total de ácidos grasos.

De acuerdo con (Teneda Llerena & Teneda Espín, 2020), el contenido de grasa no tiene variación durante el proceso de fermentación.

Polifenoles

Los polifenoles son productos del metabolismo secundario de las plantas, se caracterizan por su capacidad antioxidante. Sus anillos aromáticos con sustituyentes hidroxilos les brindan una estructura especialmente adecuada para ejercer una acción antioxidante al poder actuar como donadores de hidrógenos o electrones o servir como atrapadores de radicales libres. Esta característica hace que el cacao y sus derivados llamen la atención de los consumidores ya que se han relacionado sus efectos beneficiosos en la salud como la disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares por su capacidad de controlar reacciones clave implicadas en la oxidación de las LDL o de daños oxidativos del ADN.

La concentración de polifenoles en las semillas de cacao secas y libres de grasa oscila entre el 15-20% (p/p). Se distinguen tres grupos de polifenoles: las antocianinas (aprox. 4%), catequinas o flaván-3-oles (aprox. 37%) y procianidinas (aprox. 58%).

Antocianinas

Son pigmentos hidrosolubles con características de glicósidos, están constituidas por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, a la que se le une un azúcar por medio de un enlace β -glicosídico, y en algunos casos por un enlace α -glicosídico. El color de las antocianinas está distribuido en una gama de tonalidades que va desde el rojo hasta el azul dependiendo de la estructura de la molécula y el pH del medio.

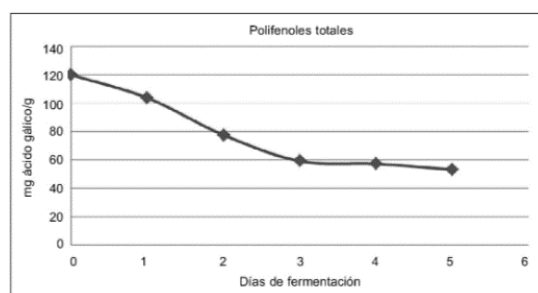
Procianidinas

Son en su mayoría flavan-3,4-dioles, que forman dímeros, trímeros condensados u oligómeros de epicatequina como la extensión principal. Se caracteriza por ser sustancias capaces de dar combinaciones estables con las proteínas y con otros polímeros como polisacáridos.

En un proceso de fermentación correctamente realizado (Teneda Llerena & Teneda Espín, 2020) afirman que la concentración de polifenoles totales en los granos de cacao se reduce en un 40% o más.

Figura 7.

Evolución de los Polifenoles Totales Durante la Fermentación



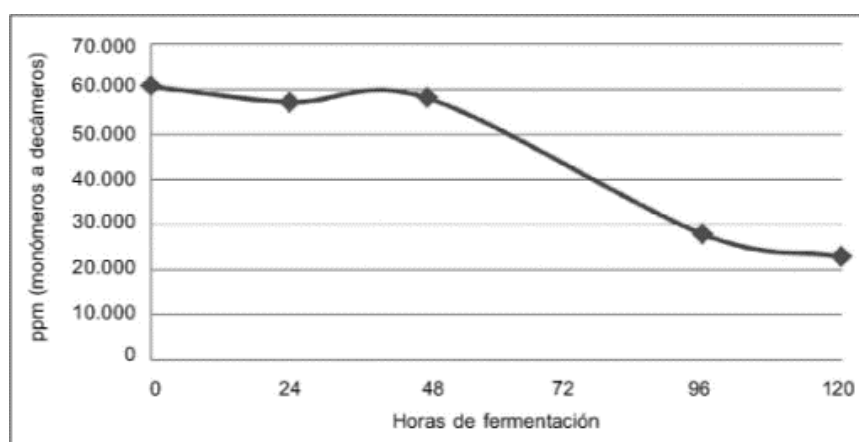
Fuente: (Teneda Llerena & Teneda Espín, 2020)

Las procianidinas, desde las formas monómeras hasta los decámeros, disminuyen durante la fermentación; su mayor decrecimiento se produce a partir del segundo día de fermentación y llegan a disminuir en un 54% hasta el cuarto día de fermentación.

Las antocianinas suelen desaparecer rápidamente durante el proceso de fermentación que se evidencia con la pérdida del color purpura, el cual disminuye en un 93% después de 4 días de fermentación.

Figura 8.

Evolución de las Procianidinas Durante la Fermentación



Fuente: (Teneda Llerena & Teneda Espín, 2020)

Purinas

La cafeína y la teobromina pertenecen a la familia de las purinas, la concentración final de ambas está determinada por el genotipo, el grado de maduración de las almendras y el nivel de fermentación. La teobromina es el alcaloide purínico dominante en las semillas de cacao. Los cotiledones de granos maduros contienen 2,2-2,7% de peso en base seca y 0,6-0,8% de cafeína. Las purinas no relevan transformaciones químicas durante la fermentación, pero estos componentes se pierden por difusión, alrededor del 17% de teobromina y un 13% de cafeína. (Teneda Llerena & Teneda Espín, 2020).

Especificaciones de calidad del cacao en grano para comercialización nacional

Las especificaciones para cacao en grano se describen en la norma técnica colombiana
NTC 1252:2021

*Especificaciones sensoriales del cacao en grano para comercialización nacional***Tabla 5.***Especificaciones Sensoriales para el Cacao en Grano Seco*

Características sensoriales externas evaluadas en el momento de la recepción mediante inspección in situ			
Características sensoriales	Grano sin fermentar	Grano insuficientemente fermentado	Grano fermentado
Apariencia	Grano entero libre de restos de mucílago, sin presencia de: moho, insectos o fragmentos de insectos, de elementos extraños o de ninguno de los anteriores	grano limpio, sin presencia de: moho perforaciones, insectos o fragmentos de insectos de elementos extraños o de ninguno de los anteriores	grano limpio hinchado, sin presencia de: moho, perforaciones, insectos o fragmentos de insectos, de elementos extraños o de ninguno de los anteriores
Textura consistencia	Grano liso, con cascarilla difícil desprender,	grano poco rugoso, cascarilla difícil de desprender	grano rugoso y quebradizo, cascarilla fácil desprender

 resistencia al corte

Características sensoriales internas evaluadas en la prueba de corte, en el momento de la recepción mediante inspección in situ

Características sensoriales	Grano sin fermentar	Grano insuficientemente fermentado	Grano fermentado
Apariencia	Lisa y uniforme, sin presencia de: moho, insectos o fragmentos de insecto	Parcialmente estriada, parcialmente porosa, sin presencia de Mo insectos o fragmentos de insectos	Estriada porosa sin presencia de: moho insectos o fragmentos de insectos
Color	En la gama de crema a violeta, morado oscuro	presenta en forma parcial gamas de crema a violeta y de crema a café, pardo oscuro	en la gama de crema a café pardo oscuro
Textura y conformación	Interior liso y resistente al corte	resistencia moderada al corte, parcialmente rugosa y poco frágil	Granulada, rugosa frágil a la presión y al corte
Sabor	Amargo ligeramente ácido y astringencia libre de atributos y sabores atípicos	con sabor a cacao predominando sabores ácidos amargo y	Característico del cacao, con un adecuado balance de los atributos básicos

		<p> astringencia. libre de atributos y sabores atípicos </p>	<p> ácido, amargo y astringencia y ausencia de atributos y sabores atípicos según el nivel de fermentación </p>
Olor	<p> Característicos del cacao no fermentado, libre de olores extraños (por ejemplo: tierra, humo, diésel, entre otros) </p>	<p> Pungente, característico de la fermentación acética, libre de olores extraños (por ejemplo: tierra, humo diésel, entre otros) </p>	<p> Pungente, característico de la fermentación acética, libre de olores extraños (por ejemplo: tierra, humo diésel, entre otros) </p>

Nota 1 los elementos extraños son materia extraña que carece de valor para el fabricante. se pueden componer de material no relacionado con el cacao. por ejemplo, ramitas, piedras, otros granos (por ejemplo, frijol, café), polvo, vidrio, hierro, etc., que generan una contaminación física procedente de un mal manejo del producto.

Fuente: Adaptado de: (ICONTEC, 2021b)

La NTC 1252 de 2021 relaciona los niveles de la fermentación del grano:

Grano bien fermentado: grano de cacao cuyo proceso de fermentación ha sido completo y que presenta las siguientes características: cáscara o tegumento de color marrón, rojizo o pardo rojizo, que se desprende fácilmente de la almendra. Las almendras tienen color marrón o pardo

rojizo oscuro (color chocolate) con alveolos bien definidos de forma arriñonada y con olor a chocolate. Para el caso del grano criollo presenta almendras de color marrón claro o pardo claro.


Grano insuficientemente fermentado: grano de cacao, con una fermentación incompleta, cuyos cotiledones (almendra) presentan un color violeta o marrón violeta, estructura semicompacta, con cascara difícilmente separable.

Grano sin fermentar: es el grano de cacao que presenta ausencia de fermentación, aspecto pizarroso, color interior gris negruzco y estructura completamente compacta. (ICONTEC, 2021b)

Características sensoriales de cacao en grano seco

Tabla 6.

Características Sensoriales para el Cacao en Grano Seco e Ilustraciones

Característica	Descripción	Ejemplo
Granos bien fermentados	<p>Causas: granos de cacao cuyo proceso de fermentación ha sido completo.</p> <p>Características: almendra color marrón o chocolate, alvéolos bien definidos (forma arriñonada internamente), la cáscara se desprende fácilmente al presionarla con los dedos.</p> <p>Consecuencias: olor agradable a cacao.</p>	 <p>Fuente: (CNCh, 2019b)</p>

Granos
insuficientemente
fermentados

Causas: insuficiente tiempo de fermentación.

Características: almendra de color violeta o marrón violeta.

Consecuencias: Genera sabores amargos y astringentes.



Fuente: (CNCh, 2019b)

Granos sin
fermentar o
pizarrosos

Causas: ausencia de fermentación

Características: aspecto pizarroso, estructura compacta de color interno gris oscuro o violeta.

Consecuencias: genera sabores amargos y astringentes, el secado es más lento lo que puede favorecer



Fuente: (CNCh, 2019b)

Granos mohosos

Causas: granos provenientes de mazorcas enfermas o secas, almacenamiento prolongado, deficiencia en volteo de secado y capa de cacao muy gruesa, almacenamiento del cacao húmedo.

Moho externo

Características: presencia de hongos externos e internos cuando se realiza prueba de corte.

Consecuencias: el moho interno puede generar afectos nocivos en la salud humana, olor y sabor desagradable.



Fuente: (CNCh, 2019b)

Moho interno



Fuente: (CNCh, 2019b)

Causas: almacenamiento prolongado y en condiciones inadecuadas.

Características: presencia de insectos vivos en cualquiera de sus estados biológicos, granos perforados o con alteraciones en su apariencia.

Granos infestados o dañados por insectos

Consecuencias:

aumento en las mermas de almacenamiento, en almacenamiento genera



Fuente: (CNCh, 2019b)

	contaminación de cacao sano.
	Causas: cosecha de mazorcas sobremaduras, desgrane tardío de mazorcas cosechadas.
Granos germinados	Características: cáscara perforada, embrión sobresaliente.
	Consecuencias: grano susceptible al ataque de mohos e insectos durante el proceso de fermentación y almacenamiento.
	Causas: no retirar la placenta al desgranar, deficiencia en el volteo durante la fermentación y el secado, cosechar granos de mazorcas enfermas.
Granos múltiples	Características: dos o más granos pegados.
	Consecuencias: tostión y descascarillado irregular afectando la calidad.



Fuente: (CNCh, 2019b)



Fuente: (CNCh, 2019b)

Pasillas (granos planos)

Causas: granos insuficientemente desarrollados.

Características: granos planchos o enjutos, forma de pasa, delgados, difícil de partir longitudinalmente.

Consecuencias: bajo rendimiento industrial, alto contenido de cascarilla.



Fuente: (CNCh, 2019b)

Impurezas o materias extrañas

Causas: fermentación y secado en superficies inadecuadas y sucias, desgrane inadecuado, granos sin pasar por zaranda.

Características: cualquier material o elemento diferente al grano de cacao entero.

Consecuencias: bajo rendimiento industrial, contaminación con elementos extraños.



Fuente: (CNCh, 2019b)

Fuente: Adaptado de: (CNCh, 2019b)

Clasificación del cacao en grano para comercialización nacional

La NTC 1252:2021 establece la clasificación de acuerdo con los requisitos físicos, químicos y designaciones establecidos.

Tabla 7.*Clasificación del Cacao en Grano para Comercialización Nacional*

Requisitos físicos y químicos	Clasificación del cacao en grano		
	Premium/Especial	Estándar	Corriente
Granos bien fermentados, en % mín.	70	65	55
Granos insuficientemente fermentados y violetas, en % máx.	30	35	45
Masa (peso) en g, de 100 granos	> 120	95-120	< 95
Contenido de humedad, en % fracción de masa, máx.	7,0	7,5	7,5
Tolerancias para el cacao en grano			
Contenido de impurezas o materias extrañas, en % fracción de masa, máx.	0	0,3	0,5
Grano con moho interno, número de granos/100, máx.	1	3	5
Grano dañado por insectos, o germinados o ambos, número de granos/100, máx.	1	2	3
Contenido de grano partido, número de granos/100, máx.	1	2	5
Contenido de almendra, en % fracción de masa, mín.	n.a	n.a	40 - 60
Granos sin fermentar (pizarrosos), en %, máx.	1	3	5
n.a.: no es aplicable			

fracción de masa: fracción de la masa que se evalúa respecto a la masa total.

NOTA: El término almendra se refiere al cotiledón o fragmento de cotiledón del grano de cacao.

Fuente: Adaptado de: (ICONTEC, 2021b)

Beneficio del cacao

Se denomina beneficio al conjunto de prácticas interrelacionadas que tienen que ver con la transformación biológica que deben sufrir las almendras una vez cosechadas y que permiten la expresión de su potencial de calidad. El beneficio tiene por objetivo descomponer y remover el mucílago que cubre el grano fresco, acondicionar y facilitar las transformaciones bioquímicas que sufre el grano para desarrollar el sabor y aroma del chocolate y reducir el contenido de humedad del grano para facilitar su almacenamiento. El beneficio comprende las etapas: cosecha, fermentación, secado, clasificación y almacenamiento. (Fedecacao, 2013a)

Cosecha

El periodo de maduración de los frutos oscila entre los cuatro y los seis meses, según la altura sobre el nivel del mar y de la temperatura, por lo que se recolecta en dos grandes cosechas. La principal, de octubre a marzo, dando la mayor cantidad de frutos, quedando el resto para la cosecha secundaria, realizada de mayo a julio. (Steinau, 2017)

(Pérez & Contreras, 2017) en su guía de buenas prácticas de cosecha establecen que antes de cosechar los frutos se debe asegurar que estén maduros, evitando cosechar los verdes y pintones, pues estos no cuentan aun con los azúcares necesarios para la fermentación y darán sabores a frutas inmaduras. Igualmente, aunque los frutos sobremaduros pueden tener un contenido de azúcar adecuado, los sabores que confiere este tipo de pulpa al grano seco no resultan deseables. Los cambios de color de las mazorcas cuando pasan a estado de madurez en su mayoría las mazorcas verdes maduran en color amarillo o amarillo moteado con verde, las

mazorcas rojas maduran en color morado a rojo intenso. Por su parte (Fedecacao, 2013a) define que los frutos verdes se tornan amarillos cuando maduran, y los de color rojo pasan a una tonalidad naranja.

Otro punto ideal de maduración es el contenido de azúcar el cual se mide con un refractómetro, este parámetro es fundamental para que los microorganismos especializados realicen la fermentación alcohólica. El contenido mínimo para ocurra una correcta fermentación es de 16 °Brix. Por debajo de este valor es posible que no ocurra la fermentación. Hay variedades o materiales de cacao que pueden tener contenidos altos de azúcar, lo cual permite hacer una primera clasificación por este criterio. Cacaos con alto contenido de azúcar mayor a 20° Brix especialmente el material CCN 51 en monocultivo, cacaos con bajo contenido de azúcar, entre 16 a 20° Brix la mayoría de trinitarios, criollos, híbridos regionales. (Pérez & Contreras, 2017).

(Fedecacao, 2013a), recomienda que la cosecha de los frutos debe realizarse semanalmente, sobre todo en aquellas áreas donde predominan enfermedades que dañan la mazorca como: La moniliasis y la escoba de bruja. En ningún caso la frecuencia debe aumentarse a dos semanas para evitar que los frutos levemente enfermos lleguen a deteriorarse totalmente y en tal caso es necesario revisar bien los frutos y si los granos están dañados no mezclarlos con la masa de almendras de los frutos sanos, sino eliminarlos ya que serán de calidad inferior y pueden dar lugar a problemas de seguridad alimentaria.

Se deben tomar medidas para minimizar los daños al árbol y sobre todo a los cojines florales, y para impedir la introducción y la diseminación de la enfermedad, utilizándose herramientas limpias y mantenidas. Las mazorcas dañadas tienen más probabilidades de ser infectadas por microorganismos independientemente de la causa de la lesión (enfermedad, insectos o roedores cuando la mazorca está todavía en el árbol, o bien cortes por herramientas durante la recolección y el transporte de las mazorcas) Es importante, por lo tanto, no almacenar

las mazorcas dañadas durante más de un día antes de abrirlas y fermentar los granos, dado que ya pueden haberse infectado con microorganismos que podrían dar lugar al deterioro del sabor o la formación de AGL o OTA durante las operaciones de poscosecha. (CAOBISCO/AEC/FCC, 2015).

Desgranado

Antes de partir las mazorcas, es importante clasificarlas y separar las sanas aparte de las enfermas, con daños de insectos o animales. Este es el punto de partida para evitar el deterioro de la calidad pues únicamente el grano sano recuperado, puede mezclarse con el grano procedente de mazorcas sanas. (Cubillos, Merizalde, & Correa, 2008).

Los granos provenientes de frutos enfermos toman una coloración negra, debido a la reacción que se produce con los hongos y a la pérdida de humedad por descomposición de mucílago, estos granos no deben utilizarse por carecer de condiciones internas adecuadas y porque provocan sabores indeseables en las almendras. En detrimento de su calidad. (Fedecacao, 2013a)

Con respecto al tiempo entre la cosecha y la apertura de las mazorcas, esta variable corresponde al número máximo de días que se pueden apilar las mazorcas cosechadas en campo sin que se deteriore su calidad. (Pérez & Contreras, 2017), menciona las variables o condiciones que determinan el tiempo de retención: un clima muy cálido, un alto porcentaje de materiales con tendencia a germinación precoz, exponer directamente el montón a la luz solar, humedad relativa alta, de esta manera cuando se presentan las anteriores variables en un nivel alto se recomienda que el tiempo de retención no sea mayor a un (1) día, si las condiciones no son tan intensas se puede tener tiempo de retención de máximo tres (3) días.

Otros autores recomiendan guardar en pilas las mazorcas maduras, para iniciar la fermentación en dos o tres días, de esta manera las mazorcas han perdido algo de agua y tienen

menos jugos, lo que favorece la iniciación de la fermentación y la elevación de la temperatura. (Teneda, 2016).

(Teneda, 2016) afirma que los métodos de apertura manual de las mazorcas pueden ser: con cuchillos, garrotes o contra una piedra o madero fijo.

Por lo general, la herramienta más usada para partir las mazorcas es el machete, sin embargo, esta herramienta tiene varios inconvenientes; el riesgo para el operario, la posibilidad de cortar los granos y el bajo rendimiento. En algunas regiones se emplea un dispositivo sencillo que consiste en un machete incrustado por la parte afilada a un trozo de tabla vertical debidamente apoyado sobre un trozo de tabla horizontal. Las mazorcas se abren generalmente por la mitad golpeándolas sobre el lomo del machete, sujetando la mitad con una mano y ejerciendo una ligera torsión sobre la otra mitad. Las ventajas de este dispositivo se basan en la seguridad para el operador, en la rapidez de la operación, y en la disminución de daño a los granos. (Cubillos et al., 2008)

(Fedecacao, 2013a) indica que debe evitarse causar heridas en las almendras. Cuando las mazorcas se parten con objetos cortantes como machetes, se pueden dañar granos que, al tener la superficie expuesta al romperse la cascarilla, se predisponen a sufrir ataques de hongos e insectos. Para evitar herir las almendras se recomienda usar mazos de madera para partir los frutos sin dañar los granos.

Los granos se extraen con los dedos dejando la placenta pegada a la mazorca y se eliminan pedazos de corteza, hojas, etc., mezclados con los granos. En los sitios donde se van a desgranar las mazorcas es aconsejable colocar un plástico sobre la superficie del suelo para evitar que los granos se mezclen con tierra, hojas o mugre en general. (Cubillos et al., 2008).

(Pérez & Contreras, 2017), describe los criterios para clasificar el cacao fresco, si bien el color externo de las mazorcas constituye un criterio de selección al momento de la partida, una

vez se hace visible la pulpa de la mazorca hay otros criterios para asegurar la correcta clasificación del cacao antes de depositarlo en los recipientes: color de la pulpa, para una mazorca inmadura el color de la pulpa es blanco; para una sobremadura es café oscuro, para el punto óptimo es color crema. Textura de la pulpa: para una mazorca inmadura la textura es algodonosa, seca y firme; para una sobremadura es blanda y muy húmeda; para un punto óptimo la textura es blanda pero menos húmeda. Limpieza de los granos: deben estar libres de hongos, manchas o cualquier impureza, todo lo cual puede generar luego sabores a moho o no permitir la fermentación.

Los granos de buena calidad deben introducirse en un recipiente adecuado para su transporte. El transporte de granos frescos/húmedos desde el punto de apertura de la mazorca hasta el lugar de fermentación debe realizarse en condiciones que impidan la contaminación; por ejemplo, los granos que hayan caído deben estar libres de tierra antes de fermentarse.

(CAOBISCO/AEC/FCC, 2015)

Para algunas variedades, se recomienda una etapa de presecado o retirada de la pulpa, antes de iniciar la fermentación, para reducir la acidez y mejorar la expresión de las notas aromáticas deseables. (CAOBISCO/AEC/FCC, 2015)

Después de abrir las mazorcas los granos deben fermentarse antes de 24 horas, por ningún motivo se pueden mezclar granos procedentes de mazorcas abiertas en diferentes días. (Cubillos et al., 2008)

Fermentación

La fermentación es un proceso microbiológico y bioquímico que conduce a la eliminación de la pulpa o mucílago, provoca la muerte del embrión, activa las reacciones bioquímicas en el interior de los cotiledones e intensifica el desarrollo de los precursores de sabor y aroma del chocolate. (Teneda Llerena & Teneda Espín, 2020).

Para (Cardona, 2016) La naturaleza cuantitativa y cualitativa de las reacciones microbianas y enzimáticas que ocurren en el grano es moderada por varios factores que incluyen: el tipo de cultivar de la planta de cacao, el estado de maduración de las mazorcas, la microbiota natural de la región donde está el cultivo, las condiciones climáticas, además de las prácticas que cada agricultor lleve a cabo durante el proceso (figura 12).

Según lo expuesto por (Cardona, 2016), la fermentación de cacao se produce en dos fases, la primera se denomina anaerobia, y la segunda se denomina aerobia. En ellas intervienen diferentes grupos de levaduras, bacterias ácido-lácticas (BAL) y bacterias ácido-acéticas (BAA) principalmente.

Fase de fermentación anaerobia

El proceso se inicia con la proliferación de levaduras debido al bajo pH (3,4 a 4,0) de la pulpa por la presencia de ácido cítrico (2%), al alto contenido de glucosa (12-15%), pectinas (5-7%) y a la baja tensión de oxígeno que favorecen su crecimiento. (Teneda Llerena & Teneda Espín, 2020). Las Levaduras pectinolíticas, generan etanol y ácido láctico y son responsables de la licuefacción de la pulpa generando exudados o lixiviados que salen del sistema y permiten el ingreso de oxígeno en la masa de fermentación. (Santander Muñoz, Rodríguez Cortina, Vaillant, & Escobar Parra, 2020)

Las levaduras dominan la fermentación entre 24 y 36 horas después de iniciado el proceso y consumen los azúcares de la pulpa para transformarlos en alcohol y dióxido de carbono. En esta fase se consume el ácido cítrico y el pH aumenta a 4,5 y la temperatura se incrementa medianamente. Las levaduras encontradas se registran en la tabla 8 siendo esta microflora la responsable de la formación de numerosos compuestos volátiles.

(Cardona, 2016) confirma que algunas levaduras secretan enzimas pectinolíticas, las cuales ayudan a solubilizar la pulpa. La sacarosa es parcialmente hidrolizada a azúcares

reductores; por su parte, las proteínas son sometidas a proteólisis en péptidos y aminoácidos y los polifenoles son hidrolizados y oxidados. Posteriormente, los cambios de pH y de la estructura de la pulpa permiten la entrada de pequeñas cantidades de aire que favorecen el establecimiento de una flora láctica mencionada en la tabla 8.

Fase de fermentación aerobia

Después de la primera remoción o volteo, la presencia de oxígeno en la masa de cacao favorece el establecimiento de la flora acética mencionados en la tabla 8 que aprovechan el etanol para producir ácido acético.

De acuerdo con (Cardona, 2016), la población de BAL decrece por efecto de la incorporación de oxígeno y se crean las condiciones favorables para el desarrollo de las BAA, responsables de la oxidación del etanol a ácido acético y luego a dióxido de carbono y agua. Estas reacciones son exotérmicas ocasionando la difusión de alcohol y ácido acético al interior del grano y la inhibición de la germinación, desencadenando una serie de reacciones bioquímicas que llevan a la formación de los precursores de sabor.

La fase aerobia se caracteriza por reacciones oxidativas y de condensación, como la reacción de oxidación de los complejos polifenol-proteína y la condensación del carbonil-amino, las cuales reducen la astringencia e influyen en el sabor final del cacao.

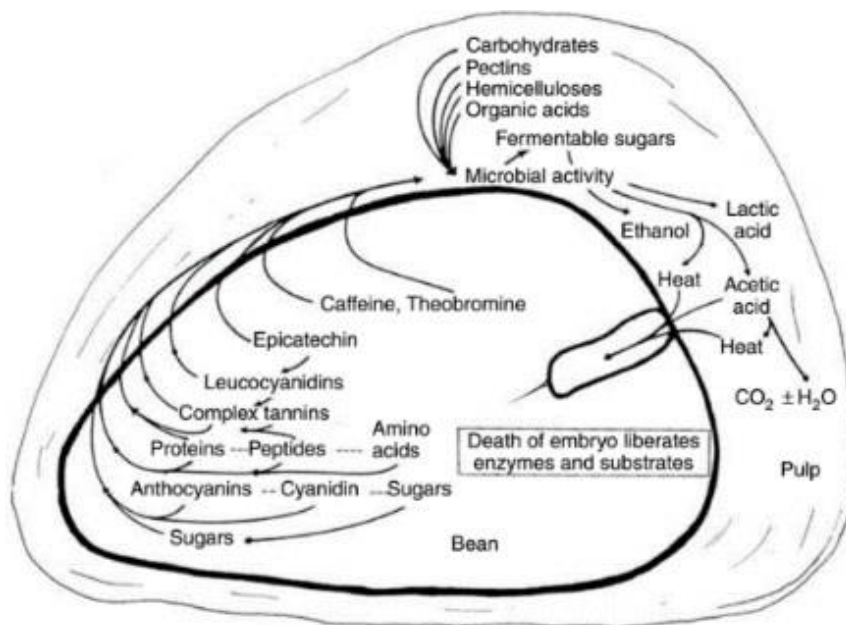
Este punto es clave del proceso, el ácido acético provoca un descenso en el pH que junto con el calor de la fermentación (50°C) causan la muerte del embrión de las almendras durante el segundo día de la fermentación. La muerte del embrión está acompañada de un aumento en la permeabilidad de las paredes celulares, lo cual permite la interdifusión de los componentes del jugo celular y que las enzimas se pongan en contacto con los polifenoles y las proteínas. Tan pronto se muere la semilla, la enzima glicosidasa se activa hidrolizando las antocianinas (3-β-D-galactosidil cianidina y la 3- α-L-arabinosidil cianidina) responsables del color purpura de las

almendras, que gradualmente van perdiendo su color debido a la descomposición de azúcares y antocianidinas; este último color, luego será oxidado a compuestos quinónicos que contribuyen al color pardo característico del cacao fermentado.

Las proteínas son hidrolizadas por dos proteasas específicas que conducen a la formación de más de 80 oligopéptidos y aminoácidos libres diferentes. La especificidad de las enzimas en estas reacciones depende del pH. Las proteínas son hidrolizadas por una endoproteasa aspártica (pH óptimo 3,5) formando oligopéptidos. La hidrólisis de estos sustratos por una carboxipeptidasa (pH óptimo 5,5-5,8) produce la formación de oligopéptidos hidrófilos y de aminoácidos libres hidrófobos.

Figura 9.

Cambios Bioquímicos Internos y Externos Durante la Fermentación en el Grano de Cacao



Fuente: (Andruszkiewicz, D'Souza, Corno, & Kuhnert, 2019)

A medida que el oxígeno se difunde dentro de los tejidos, la oxidasa se activa y las condiciones aeróbicas, así como los productos de oxidación de los polifenoles, progresivamente

inhiben las enzimas que estaban activas durante la fase anaeróbica. Las antocianidinas y los complejos fenol-proteína que se formaron durante la fase anaeróbica sufren reacciones oxidativas. Las antocianidinas son polimerizadas junto con catequinas presentes en el cacao, por la enzima polifenol oxidasa formando taninos complejos insolubles, pero esta disminución en el contenido de polifenoles no es debido solo a los procesos de oxidación sino también es causado por el pardeamiento y la difusión de estos componentes en los exudados de la fermentación.

Durante la fermentación habrá un aumento de los contenidos en azúcares reductores y aminoácidos libres hidrófobos, precursores del aroma térmico, y una disminución de las purinas y compuestos fenólicos que ayudan a que el cacao sea menos amargo y astringente.

Cinética de la fermentación del cacao

Durante el proceso de fermentación se desarrolla el aroma y el sabor del grano de cacao. Consiste en almacenar los granos de cacao frescos en cajones durante 5 a 8 días para propiciar y ayudar a la pulpa a la acción microbiana.

Para iniciar el proceso de fermentación, en primer lugar, se deben cosechar y abrir las vainas que contienen a los granos de cacao embebidos en la pulpa, que se encuentran estériles en el interior de la vaina, pero que una vez fuera de ella se ven contaminados por una gran variedad de microorganismos provenientes de la misma vaina, del medio que les rodea, etc.

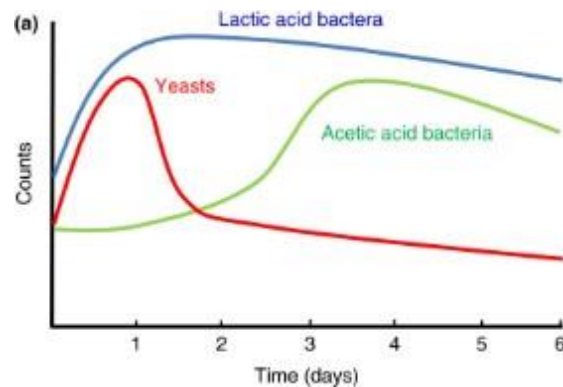
(Cardona, 2016) afirma, cuando se expone el interior de la mazorca, se transfieren a las semillas diferentes microorganismos, siendo los principales vectores las manos de los trabajadores, la superficie del fruto, los cuchillos, los contenedores usados en el transporte de la semilla, los insectos que se posan en los granos y los recipientes de fermentación.

El procesamiento tradicional de poscosecha del cacao esta mediado por una dinámica de reacciones catalizadas por una sucesión de microorganismos como se muestra en la figura 10 (levaduras, bacterias ácido-lácticas, bacterias ácido-acéticas) que son inoculadas en la pulpa del

cacao de forma espontánea, produciendo metabolitos como el etanol, ácido láctico y ácido acético (figura 11).

Figura 10.

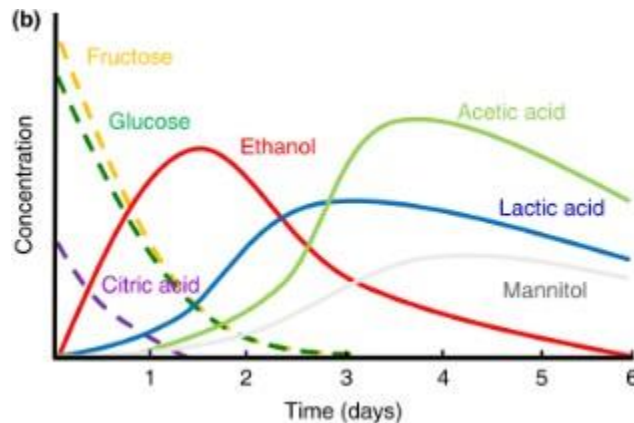
Dinámica de Microorganismos en la Fermentación



Fuente: (De Vuyst & Weckx, 2016)

Figura 11.

Degradación del Sustrato y Cinética de Producción de Metabolitos en la Fermentación



Fuente: (De Vuyst & Weckx, 2016)

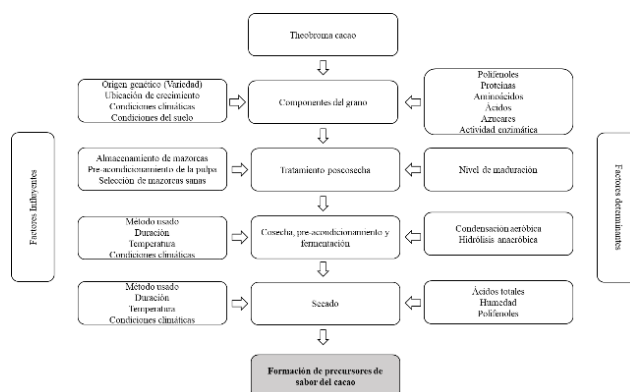
Cuando estos metabolitos por difusión ingresan a la semilla de cacao generan una disminución de pH (de 7 a 4.4 – 5.5) y un aumento de temperatura (45°C o más). Esto a su vez provoca la muerte del embrión, la destrucción de estructuras subcelulares y la liberación de

enzimas endógenas que catalizan la producción de péptidos y aminoácidos a partir de las proteínas de almacenamiento de las semillas. Adicionalmente se produce la inversión de azúcares como la sacarosa y la posterior formación de azúcares reductores. Estos productos resultantes de reacciones enzimáticas de proteólisis e hidrólisis de los componentes de la semilla de cacao son considerados como precursores de sabor. Posteriormente en el proceso de tostado, estos interactúan a través de reacciones de Maillard de pardeamiento no enzimático que conducen a la formación de moléculas como pirazinas, alcoholes, cetonas, aldehídos de Strecker, pirolitos, furanos, terpenos y alcoholes terpénicos. Estos a su vez son los responsables de generar notas sensoriales, por ejemplo: floral, afrutado, caramelo, nuez, entre otros que componen el sabor a chocolate. Por otro lado, la acción de la polifenoloxidasas reduce la cantidad de polifenoles que contribuyen a la astringencia y amargor del grano de cacao al convertirlos en quinonas o taninos de alto peso molecular e insolubles en agua. (Santander Muñoz et al., 2020)

Diferentes parámetros mencionados en la figura 12 son importantes para la formación de los precursores de sabor y aroma en el chocolate.

Figura 12.

Mecanismos de Formación de Precursores de Sabor de Chocolate a partir de la Composición del Grano y Proceso Poscosecha



Fuente: Adaptado de: (Afoakwa, 2010)

Microorganismos implicados en el proceso de fermentación

Los microorganismos implicados en el proceso de fermentación son las levaduras, bacterias ácido lácticas, bacterias ácido acéticas y algunos autores como (IICA, 2017) mencionan microorganismos *Bacillus* en la última etapa de la fermentación.

Tabla 8.

Principales Microorganismos que Intervienen en la Fermentación del Cacao

Fase de fermentación	Tipo de microorganismo	Género /Especie
Primera Fase	Levaduras	<i>Hanseniaspora guilliermondii</i>
		<i>Candida zemplinina</i>
		<i>Candida silvae</i>
		<i>Candida diversa</i>
		<i>Saccaromyces cerevisiae</i>
		<i>Pichia membranaefaciens</i>
		<i>Pichia kudriavzevii</i>
		<i>Hanseniaspora opuntiae</i>
		<i>Candida halmiae</i>
		<i>Geotrichum ghanense,</i>
		<i>Candida awuiai</i>
		<i>Candida krusei</i>
		<i>Kloeckera apiculata</i>
		<i>Pichia fermentans</i>

Fase de fermentación	Tipo de microorganismo	Género /Especie
Segunda Fase	Bacterias lácticas	<i>Hansenula anomala</i>
		<i>Schizo-saccharomyces pombe</i>
		<i>Lactobacillus</i>
		<i>Lactobacillus fermentum</i>
		<i>Lactobacillus plantarum</i>
		<i>Leuconostoc</i>
		<i>pseudomesenteroides</i>
		<i>Leuconostoc pseudoficulneum</i>
		<i>Pediococcus acidilactici</i>
		<i>Weissella fabaria</i>
Tercera Fase	Bacterias acéticas	<i>Streptococcus</i>
		<i>Gluconobacter oxydans</i>
		<i>Gluconobacter frateurii</i>
		<i>Acetobacter aceti</i>
		<i>Acetobacter pasteurianus</i>
		<i>Acetobacter tropicalis</i>
		<i>Acetobacter fabarum</i>
		<i>Acetobacter rancens</i>
		<i>Acetobacter ascendes</i>
		<i>Acetobacter xylinum</i>
		<i>Acetobacter lovaniensis</i>

Fase de fermentación	Tipo de microorganismo	Género /Especie
Cuarta Fase	Bacillus	<i>B. licheniformis</i> , <i>B. megaterium</i> <i>B. pumilus</i> <i>B. subtilis</i> <i>B. megaterium</i> <i>B. pumilus</i>

Fuente: Adaptado de: (IICA, 2017; Santander Muñoz et al., 2020; Teneda Llerena & Teneda Espín, 2020; Teneda, 2016)

Métodos de fermentación

Los métodos usados en la etapa de fermentación varían de acuerdo con las prácticas de cada país, región o zona de producción de cacao.

Los tipos de fermentadores más usados

Cajones de madera

(Teneda Llerena & Teneda Espín, 2020), afirma que los mejores resultados de fermentación se obtienen mediante el método de fermentación en cajones de madera, los cajones se fabrican con maderas blancas y sin sustancias como taninos o resinas.

Cajones de madera a un nivel o lineal

Los cajones se construyen con tablones de maderas finas, preferentemente blancas, resistentes a la humedad tales como el cedro, nogal, laurel, que no desprendan sustancias extrañas, como por ejemplo taninos, que interfieren con la calidad final del cacao. (Steinau, 2017)

Figura 13.*Cajón Fermentador Lineal*

Fuente: (CNCh, 2021)

Cajones de madera tipo escalera

Estos tipos están formados por una o varias series de tres cajones de madera colocados a diferentes niveles formando una escalera. El cacao cosechado se coloca en el cajón superior y durante la primera remoción, la masa se vierte en el cajón inmediatamente inferior, mediante la apertura de la puerta móvil. Este sistema propicia la aireación de la masa, condición de gran importancia para el normal desarrollo del proceso fermentativo. (Steinau, 2017)

Figura 14.*Cajón Fermentador Tipo Escalera*

Fuente: (CNCh, 2021)

Bandejas o sistemas Rohan

Camillas construidas con madera y bambú (marco de madera y fondo de bambú), el fondo debe tener ranuras de 4 – 5 mm, para facilitar la salida del lixiviado. (Steinau, 2017)

Figura 15.

Fermentador de Bandejas



Fuente: (Afoakwa, 2010)

Tambor rotatorio de madera

Son cilindros horizontales de madera, completamente cerrados, con un eje en el centro, el cual permite airear la masa con movimiento de palanca. (Cardona, 2016)

Figura 16.

Tambor Rotatorio de Fermentación



Fuente: (CNCh, 2021)

Sacos

En este método, los granos frescos de cacao se colocan en un saco, preferentemente nuevo o exclusivo para cacao y de tejido ralo para permitir el exudado de la baba. En la fermentación por saquillos generalmente las personas no realizan remociones de la masa motivo por el cual el grado de fermentación no es uniforme, además cuando los saquillos plásticos tienen un tejido muy tupido, el cacao tiende a quedar con cierto sabor a podrido. Por lo tanto, este es el método menos adecuado para fermentar cacao, debido al bajo porcentaje de fermentación y calidad inferior obtenida. (Teneda Llerena & Teneda Espín, 2020).

Figura 17.

Fermentación en Sacos



Fuente: (Teneda, 2016)

Montones

Es quizás el método mayormente utilizado por los pequeños y medianos agricultores; consiste en colocar las habas de cacao sobre un tendal de caña o de madera, elevado preferentemente al menos 15 cm del suelo para proteger las almendras de empozamientos causados por los líquidos o excesos de humedad. La masa en fermentación se debe cubrir con hojas de plátano para conservar la temperatura y evitar contaminación por hongos. Estos

montones se deben moverse de un lugar a otro para obtener una mejor fermentación. (Teneda Llerena & Teneda Espín, 2020)

Figura 18.

Fermentación en Montones



Fuente: (Afoakwa, 2010)

Maderas para la fabricación de cajones fermentadores

Las especies de árboles a utilizar debe ser maderas blancas que no aporten sabores extraños a la masa de cacao, de acuerdo con (CNCh, 2021), se recomiendan las siguientes especies de árboles maderables para la fabricación de los cajones de fermentación:

Tabla 9.

Arboles Maderables Usados en la Fabricación de Cajones de Fermentación

Variedad de árbol maderable	Zona
Nogal Cafetero, Pardillo,	Zona cafetera, Sur de la costa
Moncoro, Canalete (<i>Cordia</i> <i>alliodora</i>)	pacífica, Magdalena Medio, Nordeste del Chocó, Caquetá, y Arauca.
Moncoro, laurel de montaña,	En Colombia es común en el

Variedad de árbol maderable	Zona
solera (<i>Cordia gerascanthus L</i>)	Magdalena Medio, sin embargo, se produce desde el nivel del mar hasta los 1.200 m.s.n.m
Guayacán Rosado, Flor Morado, Roble (<i>Tabebuia rosea</i>)	Antioquia, Eje cafetero, Tolima, Huila, Valle del Cauca, Córdoba, Sucre, Magdalena, Bolívar, Santander y Norte de Santander.
Abarco del Amazonas, Cachimbo, Cachimbo blanco (<i>Cariniana decandra Ducke</i>)	Chocó, Caquetá, Magdalena medio, Antioquia, Córdoba, Norte de Santander, Santander, Bolívar, Putumayo.
Carreto, Macuir, Amargo (<i>Aspidosperma Polyneuron Müll</i>)	Atlántico, Bolivar, Boyacá, Cesar, Cordoba, Cundinamarca, Guajira, Magdalena, Santander, Sucre y Tolima, desde los 0 a los 600 m.s.n.m
Algarrobo, Jutahi, Guapinal	Antioquia, Bolivar, Atlantico,

Variedad de árbol maderable	Zona
Nazareno, Quenuque, Guanano <i>(Hymenaea courbaril)</i>	Cordoba, Meta, Guajira, Magdalena, Chocó, Huila, Tolima, Sucre y Valle del Cauca.
Igua, Cedro amarillo, Nauno <i>(Pseudosamanea guachapele)</i>	Antioquia, Santander, Amazonas, Chocó y Meta
Samán, campano <i>(Albizia saman)</i>	Eje cafetero, Huila, Valle del Cauca, Santander, Norte de Santander, Orillas del Rio Magdalena, Cauca y Meta.
Guayacán amarillo, Polvillo, Flor de día <i>(Tabebuia chrysanthus o Handroanthus chrysanthus)</i>	Eje cafetero, Córdoba, Rivera del rio cauca, Urabá Antioqueño, La Amazonia, Magdalena Medio, Vaupés y Guajira.
Chingale, Canalete, Guabillo, Maduraplatano, Cedro blanco <i>(Jacaranda Copaia (Aubl) D.Don)</i>	Urabá Antioqueño, Caquetá, Magdalena medio, Tolima, Nariño, Huila, Chocó, Vaupés, Putumayo, Amazonas, Santander, Guaviare, Meta y Arauca.
Melina, Gemelina, Yemane	Córdoba, Urabá Antioqueño,

Variedad de árbol maderable	Zona
<i>(Gmelina arborea Roxb.)</i>	Tolima, Huila, Atlántico, Bolívar, Magdalena.

Fuente. Adaptado de (CNCh, 2021)

Diseño de cajones de fermentación

Los cajones de fermentación deben seguir las siguientes características para asegurar la etapa de fermentación y adecuado manejo.

1. Construido en madera, maderas recomendadas en la tabla 8
2. Adecuado bajo techo y protegidos del agua lluvia
3. Ubicado de 15 a 20 centímetros levantados del piso
4. Perforaciones de 0,5 centímetros de diámetro en el fondo para escurrir el mucílago
5. Profundidad máxima de 70 centímetros
6. Ancho máximo de 80 centímetros
7. La estructura de fermentación se debe calcular en base a la cosecha total
8. Un kilogramo de cacao seco requiere 0,003 metros cúbicos para ser fermentado.

De acuerdo con (Cubillos et al., 2008) para calcular el volumen del cajón de fermentación se toma como base la producción de la semana “pico” de todo el año. Esta producción representa el 12,5% de la producción anual. Para fermentar el volumen de cacao húmedo en metros cúbicos equivalente a un kilogramo de cacao seco se emplea una constante cuyo valor es 0,003. Por ejemplo, el volumen de cajón necesario para fermentar el grano de la semana de mayor producción de una finca que produce 1000 kg de cacao seco al año es $1.000 \times 12,5\% \times 0,003$ igual a 0,375 metros cúbicos. Este volumen se logra con un cajón de 1 metro de largo, 0,70 metros de ancho y 0,60 metros de altura. Sin embargo, se podría construir un cajón de 4 metros

de largo, 0,70 metros de ancho y 0,60 metros de altura dividido en cuatro compartimientos con divisiones móviles que facilitarían el volteo pasando simplemente la masa de granos de un compartimiento a otro.

Por su parte (CNCh, 2019a), afirma que la infraestructura se debe construir teniendo en cuenta la producción máxima de la finca y el volumen del cajón se calcula multiplicando el total de la producción esperada en el año en kg por 12,5% constante y luego el factor 0,003 lo que arroja como resultado los metros cúbicos necesarios.

Tabla 10.

Medidas Cajones Fermentadores y Capacidad

MEDIDAS (m)			CAPACIDAD (kg)	
Largo	Ancho	Alto	Húmedo	Seco
0,5	0,4	0,4	72	27
1,00	0,4	0,6	378	144
1,50	0,8	0,6	648	246
2,0	0,8	0,6	864	328

Fuente: Adaptado de (CNCh, 2019a)

Secado

Después de la fermentación, los granos se secan y este proceso también es fundamental en el desarrollo de precursores de sabor. Indicadores de buenas prácticas de secado que están relacionadas adicionalmente con la calidad del sabor del grano son: el color marrón del cotiledón, bajo sabor amargo y astringente (Beckett, 2009).

Según (Teneda Llerena & Teneda Espín, 2020), el objetivo más importante del secado es permitir la conservación de las almendras de cacao. Mientras se secan, las almendras terminan de

desarrollar el sabor a chocolate que se inició durante la fermentación; si el secado no se hace de forma adecuada, de nada sirve que se haya realizado una buena fermentación porque el material no llegará a tener el sabor deseado.

Por su parte (Cardona, 2016) afirma que durante el secado sigue disminuyendo el amargor y la astringencia de los polifenoles, se completan los cambios de color en las almendras; en los cotiledones, se observa un color pardo o canela. El contenido de humedad se debe disminuir lentamente, en un lapso de 5 a 7 días, cuando se realiza al sol, para favorecer que se completen las reacciones de oxidación responsables del sabor y aroma del cacao. De lo contrario se corre el riesgo de inactivar las enzimas antes de que se hayan completado los cambios químicos esenciales, lo que se puede generar por temperaturas mayores a 65°C y baja humedad.

El secado tiene como fin primordial detener la actividad enzimática. Durante este proceso ocurren además reacciones químicas que disminuyen el amargor y la astringencia del grano de cacao. Generalmente la humedad se reduce de 45-60% (base húmeda) al finalizar la fermentación, al 7-8% necesario para su manipulación y almacenamiento. Si la humedad final es menor, la almendra se torna quebradiza y si es mayor puede sufrir infecciones futuras y permitir la proliferación de bacterias y hongos.

La velocidad y temperatura de secado son esenciales para mantener activas las reacciones de oxidación de alcoholes y de las de otros compuestos producidos durante la fermentación del cacao, que son importantes para su sabor y aroma. Sin embargo, muchos de los problemas relacionados con la estabilidad de la almendra de cacao durante su almacenamiento, están íntimamente relacionados con el contenido final de humedad y la actividad del agua.

Sistemas de secado

Secado natural

Es el sistema tradicional y consiste en exponer las almendras al sol o a temperatura ambiente para que se sequen. Puede ser eficiente y de alta calidad si el sol es adecuado. Seguramente si esto sucede y el manejo se hace bien, el cacao adquiere más alta calidad, pero por el contrario sino ocurre como en zonas de transición entre la sierra y la costa o en la amazonia, entonces el cacao se enmohece o puede dañarse.

Para obtener la mejor calidad de secado, se necesita tener en cuenta algunos factores importantes tales como un buen suelo preferentemente de madera. No se debe secar cacao en el suelo descubierto, sobre todo si está húmedo, porque el cacao adquiere olor a tierra y el chocolate puede salir con mal sabor.

Las semillas de cacao son higroscópicas y absorben olores, se deben durante el proceso remover frecuentemente para que el proceso sea uniforme.

(Beckett, 2009) describe que en evaluaciones de sabor de granos de cacao secados a diferentes métodos, es decir secado al sol, soplado al aire, secado a la sombra y secado en el horno se demostró que las muestras con secado al sol puntuaron más alto desarrollo de sabor a chocolate y tuvo menos notas desagradables.

Secado artificial

Este tipo de secado se realiza en plantaciones grandes o donde el clima de la localidad no permite el secado natural. Consiste en usar baterías adecuando una fuente de calor artificial que permita el paso de aire caliente o seco por la masa secando así los granos de cacao. La temperatura de secado debe ser controlada, se recomienda iniciar el secado con una temperatura cercana a los 50°C durante aproximadamente 5 horas y luego seguir aumentando hasta que se

mantenga a una temperatura cercana a los 60°C. El uso de altas temperaturas causa que las almendras no finalicen su proceso normal de desarrollo del sabor que se ha iniciado durante la fermentación y su pH no llega a su punto ideal quedándose muy ácido.

(Cardona, 2016) afirma que un secado rápido induce al aplastamiento de los granos, lo cual genera cutículas arrugadas, determinantes en la calidad del producto.

El calor excesivo y secado rápido pueden no permitir una pérdida adecuada de ácidos volátiles como por ejemplo el ácido acético y por tanto tienen un efecto perjudicial sobre la calidad del grano.

En secado artificial, si se genera humo durante el secado al horno y este entra en contacto con los granos se puede producir un sabor desagradable conocido como sabor ahumado o de jamón ya que el cacao absorbe fácilmente los compuestos volátiles del humo. (Beckett, 2009)

De acuerdo con (Santander Muñoz et al., 2020), las prácticas usadas en Colombia se definen en la tabla 11 y el método que más se usa para el secado de cacao es en plataformas de madera.

Tabla 11.

Prácticas de Poscosecha Usadas por Productores Colombianos

Variable	Porcentaje de productores %
Clasificación antes de abrir las mazorcas	
Clasificación	83,7

Sin clasificar	16,3
Duración antes de abrir	
Menos de una semana	98
Más de una semana	2
Días de fermentación	
4 días	9
5 días	22
6-9 días	69
Método de fermentación	
Montón	5
Cajas y otros métodos	95
Aireación en la masa de fermentación	
Con Volteos	90
Sin volteos	10
Material de las superficies de secado	
Lona alquitranada	15
Piedra	0
Plataforma de madera	41
Concreto	18
Otras	13
Otros métodos de secado	13
Total encuestados	220

Fuente: (Santander Muñoz et al., 2020)

Objetivos

Objetivo general

Caracterizar la mezcla de cacao (*Theobroma cacao* L.) que se produce en la finca García ubicada en la vereda Casiano del municipio de Floridablanca variedades CCN 51 (Colección Castro Naranjal) e ICS 39 (Imperial College Selections).

Objetivos específicos

Monitorear el proceso de fermentación del cacao que se produce en la finca García ubicada en la vereda Casiano del municipio de Floridablanca, mediante el seguimiento a la variable de temperatura.

Evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales de la mezcla de cacao que se produce en la finca García ubicada en la vereda Casiano del municipio de Floridablanca variedades CCN 51 (Colección Castro Naranjal) e ICS 39 (Imperial College Selections).

Establecer un perfil sensorial de la mezcla de cacao en grano seco que se produce en la finca García ubicada en la vereda Casiano del municipio de Floridablanca.

Materiales y métodos

La metodología utilizada en la investigación es experimental, se parte de la cosecha de las mazorcas de cacao para su posterior proceso de beneficio con monitoreo a la variable de temperatura en la etapa de fermentación, seguido de la etapa de secado y finalmente la caracterización física, química y sensorial de los granos obtenidos.

Material vegetal

Las variedades utilizadas en la investigación fueron CCN-51 (Colección Castro Naranjal) e ICS-39 (Imperial College Selections), con mazorcas cosechadas en el mes de junio de 2021, en

la finca García, vereda Casiano del municipio de Floridablanca, departamento Santander; Colombia. (Figura 19). Situada en la altitud y coordenadas:

Latitud: 7°03'34.1"N, longitud: 73°03'33.8"W, metros sobre el nivel del mar: 1.367 msnm.

Figura 19.

Ubicación finca García



Fuente: («Google Maps», s. f.)

Maquinaria y equipos

Cajón fermentador

Tipo de madera: Pardillo

Medidas

Alto/profundidad: 0,57 m

Ancho: 0,78 m

Largo: 0,65 m

Ver planos en el apéndice B

Figura 20.*Cajón Fermentador*

Fuente: El autor (2021)

Capacidad de fermentación

Datos para obtener la capacidad en metros cúbicos del cajón fermentador (solo se tiene en cuenta el área de fermentación)

Alto: 0,55 m

Largo: 0,52 m

Ancho: 0,36 m (1 compartimiento) 0,72 m (2 compartimientos)

Cálculo para un compartimiento:

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = \text{Alto} \times \text{Largo} \times \text{Ancho}$$

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = 0,55 \text{ m} \times 0,52 \text{ m} \times 0,36 \text{ m}$$

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = 0,1029 \text{ m}^3$$

Cálculo general del cajón fermentador

$$V_{\text{caja}} (\text{m}^3) = L \times A \times h$$

$$V_{\text{caja}} (\text{m}^3) = 0,55 \text{ m} \times 0,52 \text{ m} \times 0,72 \text{ m}$$

$$V_{\text{caja}} (\text{m}^3) = 0,205 \text{ m}^3$$

Capacidad del cajón fermentador.

$$\frac{1 \text{ m}^3 \times 0,205 \text{ m}^3}{0,003 \text{ m}^3} = 68,33 \text{ m}^3$$

En base a lo anterior, se puede afirmar que el cajón fermentador usado en la investigación cuenta con la capacidad de fermentar 68 kg de cacao seco y 180 kg de cacao en mucílago.

Equipo de seguimiento y monitoreo de temperatura

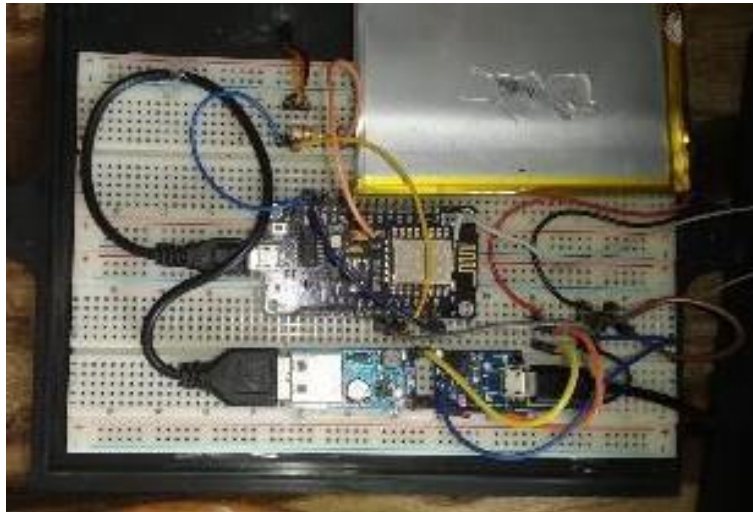
Dispositivo electrónico diseñado por el estudiante de la UNAD, Alejandro Salcedo Orozco del programa de Diseño Industrial; consta de un microcontrolador, módulo wifi, batería y sensor de temperatura, a través de este dispositivo se obtiene el registro histórico de datos para la variable temperatura además del almacenamiento de datos en la nube durante la etapa de fermentación aerobia y anaerobia y el monitoreo en tiempo real desde un dispositivo smartphone a través de la aplicación BLYNK.

El circuito electrónico cuenta módulo de control NodeMCU V3 el permite la conectividad WIFI, para mejorar la recepción de la señal se acondicionó una antena WIFI al módulo, la programación del módulo se realizó a través del IDE de Arduino. El módulo se encarga de tomar la señal del sensor de temperatura DS18B20 dicha temperatura puede ir de -55 a 125°C, el sensor está sellado en un envoltorio (termoencogible) que le permite ser sumergido en un líquido, para darle autonomía al circuito se incluyó una batería de 4000 mA con su respectivo módulo de carga y elevador de voltaje, la autonomía máxima es de 12 días con toma de temperatura cada 10

minutos. El montaje se realizó en 2 protoboard protegido por una caja plástica de proyectos, los datos del sensor se almacenaron en el servidor de BLYNK.

Figura 21.

Circuito Electrónico del Dispositivo



Fuente: El autor (2021).

Para el funcionamiento del dispositivo, el circuito se enciende y se conecta a la red WIFI local, luego toma la lectura del sensor de temperatura y la envía a un servidor en la nube, luego entra en modo ahorro de energía mediante la función “deep sleep” la cual le permite hibernarse durante 10 minutos, al cabo de este tiempo el circuito se enciende nuevamente y repite todo el proceso descrito anteriormente. Los datos del sensor pueden ser consultados mediante la App BLYNK en cualquier smartphone, los datos recolectados se pueden exportar en la extensión .CSV para ser tratados en Excel.

Figura 22.

Equipo Sensor de Seguimiento y Monitoreo de Temperatura



Fuente: El autor (2021)

Balanza electrónica

Equipo de primera necesidad para realizar la caracterización física de los granos, la balanza usada en los ensayos es de marca Mega con resolución de 1 gramo.

Beneficio del cacao

Cosecha de las mazorcas

La cosecha de las dos variedades se realizó en estado de maduración siguiendo la colorimetría indicada por (Villamil et al., 2013), en el caso de los frutos variedad CCN 51 se cosecharon las mazorcas de color rojo naranja y la variedad ICS 39 se cosecharon las mazorcas de color amarillo (figura 22).

La actividad se realizó usando como herramienta las tijeras de poda, evitando dañar el cojín floral para asegurar próximas cosechas.

Figura 23.*Colorimetría de Mazorcas Cosechadas*

Fuente: El autor (2021).

Desgranado

Las mazorcas cosechadas se apilaron en montones y al siguiente día se realizó su clasificación, las mazorcas en buen estado se separaron de las mazorcas enfermas o con daños en la cáscara.

Las mazorcas en buen estado se abrieron con ayuda de un machete, cuidando de no causar daños a las almendras, abiertas las mazorcas, se realizó la extracción de las almendras sin incluir la placenta o vena central (Figura 23).

Figura 24.*Desgranado del Cacao*

Fuente: El autor (2021).

Fermentación

Las almendras frescas (90 kg), fueron adicionadas a uno de los compartimientos del cajón de fermentación asignado para la investigación (figura 19); en la masa de fermentación se insertó el sensor de temperatura del equipo de seguimiento y monitoreo de temperatura y se ubicó en el centro de la masa de cacao, la parte superior se cubrió con hojas de plátano para mejorar la conservación de la temperatura de fermentación. El proceso de fermentación se realizó durante 6 días (150 horas) siguiendo lo indicado por (Fedecacao, 2013b).

La fase anaerobia se dio hasta la hora 48 del proceso de fermentación, los granos de cacao se mantuvieron cubiertos y con la tapa del cajón fermentador, cumplidas las primeras 48 horas se realizó el primer volteo cambiando de compartimiento los granos de cacao con ayuda de una pala de madera; este proceso tomaba alrededor de 7 a 10 minutos, es importante aclarar que al momento de realizar los volteos el sensor se retiraba de la masa de cacao y al finalizar el volteo

se colocaba nuevamente en la mitad de la masa. Después del primer volteo se aplicaron frecuencias cada 24 horas, es decir, a las 48, 72, 96, 120 y 144 horas. En total se realizaron 5 volteos a la masa de cacao.

Figura 25.

Etapas de Fermentación de Cacao



Fuente: El autor (2021).

Nota: A) Etapa inicial, B) Etapa intermedia, C) Etapa final

Secado

Finalizado el último volteo se procedió ubicar los granos en la marquesina para secado del grano (figura 25), realizando una capa menor a 2 cm para asegurar la uniformidad del secado de los granos y realizando volteos con rastrillos de madera 2 veces al día, la etapa de secado se realizó durante 8 días.

El punto óptimo de secado de los granos se realizó de forma empírica, tomando un puñado de cacao y generando presión apretando el puñado de granos y estos crujen escuchando un sonido quebradizo al interior de los granos.

Figura 26.

Método de Secado de Cacao en Marquesina



Fuente: El autor (2021).

Seguimiento y monitoreo a la variable temperatura en la etapa de fermentación

El seguimiento a la variable temperatura se realizó desde el momento en que los granos de cacao fresco (en baba) fueron agregados al cajón para iniciar la fermentación, la programación del equipo fue diseñada de tal manera que la señal del sensor de temperatura se tomaba cada diez minutos, el comportamiento de temperatura de la masa se podía visualizar a través de la aplicación en el smartphone, tanto el histórico desde que se inició el seguimiento hasta el último dato registrado.

Figura 27.*Seguimiento y Monitoreo de Temperatura de Fermentación*

Fuente: El autor (2021).

Los datos se almacenaron en un espacio en la nube de la aplicación BLYNK, tras las 150 horas de toma de datos se realizó la descarga en archivo CSV los cuales se trataron en la herramienta Excel del paquete de Microsoft 365 para el análisis de los resultados.

Volteos en la etapa de fermentación

Se realizaron volteos a la masa de cacao a las 48, 72, 96, 120 y 144 horas, esta operación tomaba en promedio de 7 a 10 minutos en cada remoción/aireación, durante el volteo el sensor era extraído de la masa de cacao y se ubicaba a temperatura ambiente (zona externa al cajón fermentador), lo anterior para realizar el procedimiento de manera adecuada teniendo en cuenta que se realizaba traslado de compartimiento a los granos y para evitar afectar el sensor o dispositivo con la pala de madera; una vez terminada la operación se insertaba de nuevo el sensor en el centro de la masa de cacao.

Figura 28.

Volteo en la Fermentación del Grano



Fuente: El autor (2021).

Muestreo de los granos de cacao seco

El muestreo para la ejecución de los ensayos físicos, químicos y sensoriales se realizó basado en el Anexo K contenido en la NTC 1252: 2021 y adaptado a las pruebas realizadas.

La figura 28 describe la secuencia de los ensayos a partir de un diagrama de flujo, utilizando muestras preliminares de 500 gramos provenientes del cuarteo de la muestra de referencia de 2000 gramos y de esta manera establecer si los granos de cacao procesados cumplen los requisitos.

Se obtienen cuatro muestras de ensayo preliminares de 500 g separando/dividiendo la muestra de referencia en fracciones de un cuarto. Una de las muestras de ensayo preliminares se protege contra el secado o condiciones ambientales para el análisis de humedad, esto se realiza almacenando en una bolsa plástica o un recipiente hermético.

Una fracción de las muestras de ensayo preliminar fue sometida a la determinación del contenido de humedad (la que se separó en una bolsa o recipiente para proteger del secado).

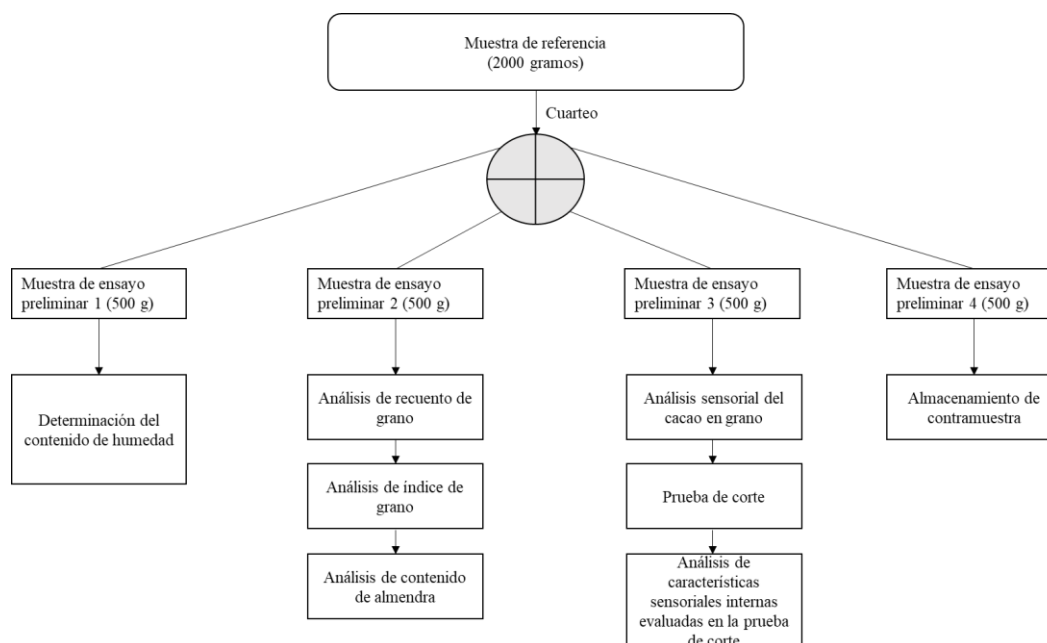
La segunda fracción de la muestra de ensayo preliminar se asigna a los análisis de recuento de granos, índice de grano y contenido de almendra.

La tercera fracción de la muestra de ensayo preliminar se asigna a para el análisis sensorial del cacao en grano, prueba de corte y características sensoriales internas evaluadas en la prueba de corte.

La muestra restante es almacenada como contramuestra en condiciones de congelación para posteriores análisis y ensayos.

Figura 29.

Diagrama de Flujo de la Secuencia de los Ensayos para el Análisis de Calidad



Fuente: El autor (2021) Adaptado de: (ICONTEC, 2021b)

Figura 30.

Muestra de Referencia para Análisis Físico, Químico y Sensorial



Fuente: El autor (2021).

Análisis físicos, químicos y sensoriales

Se realizó caracterización física, química y sensorial de los granos de cacao seco obtenidos, los análisis se realizaron siguiendo los requisitos establecidos en la NTC 1252:2021 para cacao en grano para comercialización nacional.

Contenido de humedad

El contenido de humedad de los granos de cacao es convencionalmente, la pérdida de masa determinada por el método de horno se expresa como porcentaje de masa.

Después de moler una fracción de un cuarto de la muestra de referencia con un molino formando partículas que no excedan los 5 mm y evitando que se forme una pasta, pesar en la cápsula una fracción de 10 g y llevar al horno ventilado a temperatura controlada de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante $16\text{ h} \pm 1$. Al finalizar el periodo se retira la capsula y se coloca en el desecador a temperatura ambiente durante 30 min a 40 min. Se realizan dos determinaciones. ((ICONTEC,

2021b)

El contenido de humedad de la muestra de referencia, expresado como fracción de masa se calcula con la formula

$$\square = \frac{(\square_1 - \square_2) \times 100}{\square_1 - \square_0}$$

Donde:

- \square es el contenido de humedad, en %
- \square_0 es la masa de la cápsula vacía con tapa, en g;
- \square_1 es la masa de la cápsula con tapa y la fracción de muestra de ensayo antes del secado, en g;
- \square_2 es la masa de la cápsula con tapa y la fracción de muestra de ensayo después del secado, en g.

Recuento de grano

El recuento de granos se determinó para obtener el número promedio de granos de cacao enteros que pesan 100 gramos, se retiró de la muestra de ensayo preliminar cualquier residuo de cacao o materia relacionada de cacao, los granos planos y la materia extraña. Posteriormente se pesaron los granos enteros aleatoriamente hasta obtener 100 gramos, después se contó el número de granos obtenidos. El número resultante corresponde al recuento de granos.

El recuento de los granos, *n Grano*, se expresa como número de granos por 100 g, como se indica en la fórmula:

$$\frac{\square\square\square\square}{\square\square} = \frac{\square\square\square\square\square\square \times 100}{\square\square\square\square\square}$$

Donde:

- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Es el número de granos enteros;
- ☐
- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Es la masa de granos enteros, en g.
- ☐

Índice de grano

Se determina como el peso promedio del grano en gramos, tomado de una muestra de 100 granos de cacao seco de la muestra de ensayo preliminar.

Se seleccionaron aleatoriamente 100 granos de cacao seco de la muestra, sin incluir granos múltiples, granos planos o granos sin cáscara, se prepararon tres series de 100 granos cada una, posteriormente se pesa y registra el peso neto de cada serie para sumar los tres pesos y calcular el promedio. (ICONTEC, 2021b)

Contenido de almendra

Determina el contenido de almendra sin tener en cuenta el peso de la cáscara o cascarilla. Se seleccionaron aleatoriamente de la muestra de ensayo 100 gramos de cacao seco con cáscara, se separó manualmente la cáscara de la almendra para determinar el contenido de almendra expresado en fracción de masa.

La expresión del resultado se da por el contenido de almendra como fracción de masa de los 100 gramos de muestra examinados. (ICONTEC, 2021b)

Análisis sensorial externo para el grano de cacao seco

Se evaluaron las características sensoriales externas de la tabla 5, apariencia, textura y consistencia tomando una muestra de ensayo preliminar, evaluando la muestra cuando se vacía en una bandeja o superficie de tamaño suficiente para facilitar la inspección.

Prueba de corte y análisis de características sensoriales internas del grano

Se seleccionaron 100 granos de cacao seco de la muestra de ensayo preliminar, se realizó

un corte longitudinal a cada uno de los granos con el fin de exponer la mayor superficie de los cotiledones, se realizó la evaluación de los aspectos sensoriales internos descritos en la tabla 5 y los requisitos físicos de la tabla 7 para determinar granos bien fermentados, granos insuficientemente fermentados y violetas, granos con moho interno, grano dañado por insectos o germinados o ambos y granos sin fermentar.

La expresión de los resultados para los requisitos de la tabla 5, se realizó de acuerdo con la característica encontrada, evaluando (apariencia, color, textura, conformación, sabor y olor) clasificando las almendras en la escala de grano sin fermentar, grano insuficientemente fermentado o grano fermentado.

Los requisitos físicos de la tabla 7 se expresaron los resultados para cada tipo de requisito según lo indica la tabla 7, como un porcentaje de los 100 granos examinados o como número de granos en 100 granos dependiendo de los métodos de análisis de cada ensayo.

Así mismo se tomó como referencia la descripción registrada en la tabla 6 Características sensoriales para el cacao en grano seco e ilustraciones.

Resultados y discusión

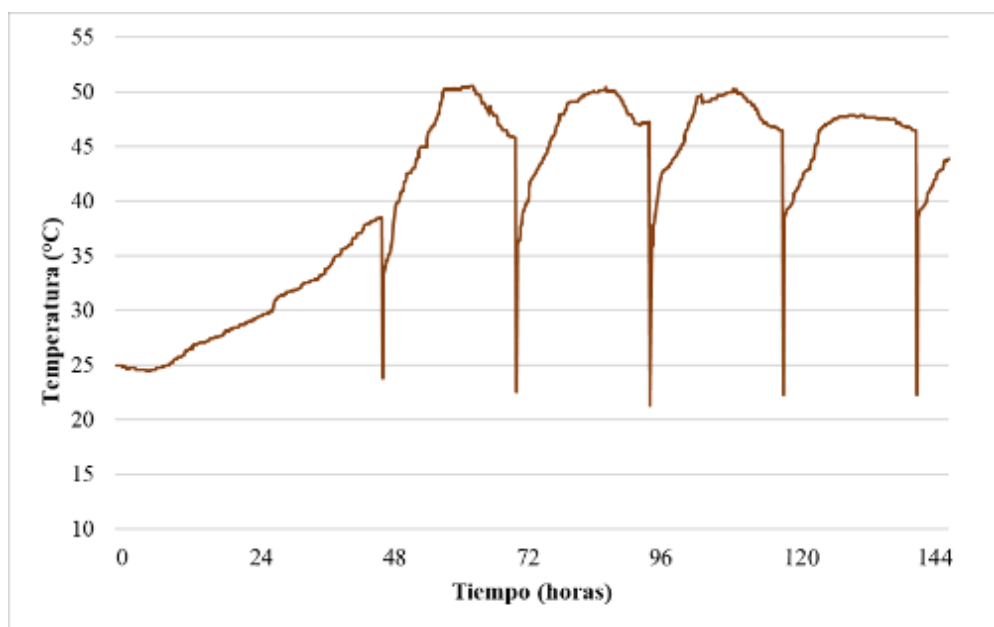
Seguimiento y monitoreo a la variable temperatura durante la etapa de fermentación

Con los datos obtenidos durante la etapa de fermentación y tratados en la aplicación Excel del paquete de Microsoft 365, se realizó la representación gráfica para la curva de temperatura durante el proceso de fermentación (figura 30) teniendo en cuenta la totalidad de datos (899 registros, incluidos los tiempos en que se retiró el sensor de la masa para realizar los volteos). La curva relaciona el tiempo en horas de fermentación y la temperatura alcanzada durante la etapa.

Figura 31.

Curva de Temperatura de Fermentación con la Totalidad de Datos

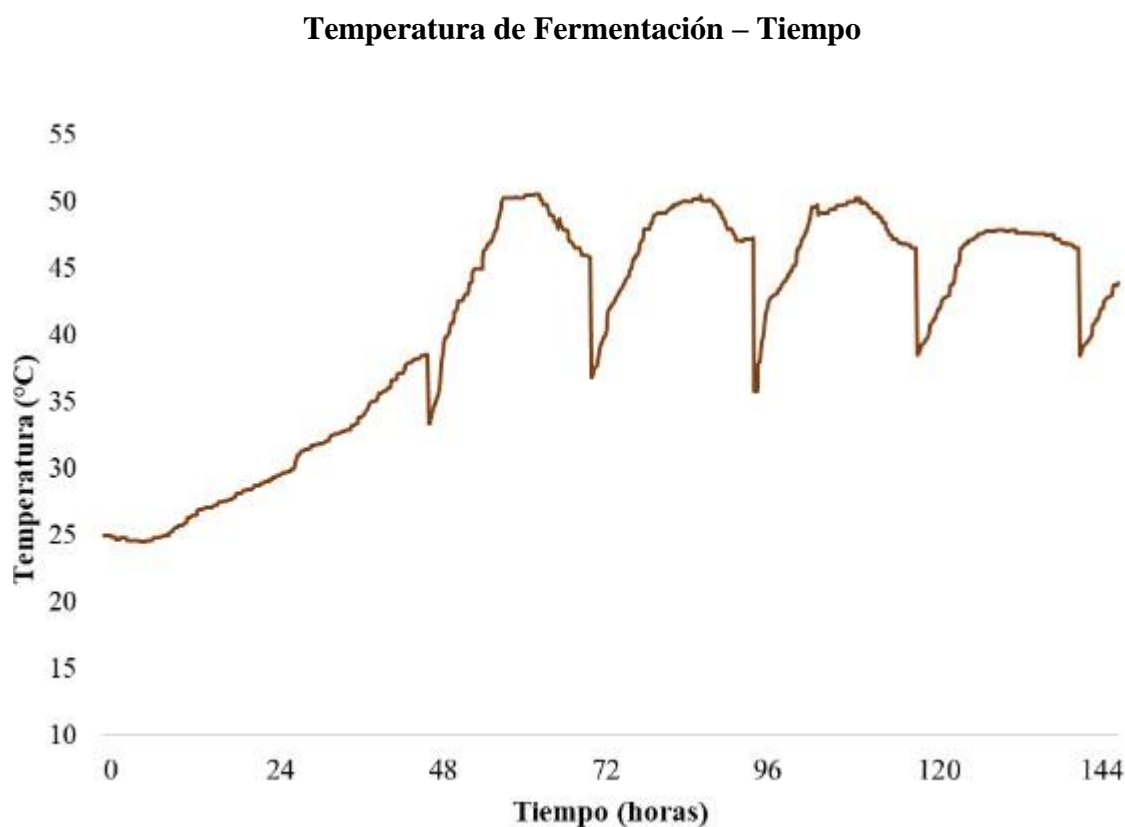
Temperatura de Fermentación – Tiempo



Fuente: El autor (2021).

Nota: Las caídas de temperatura que se registran a las 48, 72, 96, 120 y 144 horas obedecen al retiro del sensor de la masa de fermentación para realizar el volteo.

Para el análisis de los resultados se realizó selección sin tener en cuenta los registros de datos de temperatura al momento de retirar el sensor de la masa de fermentación, con el objetivo de obtener la curva real de temperatura de la masa en el proceso de fermentación como se muestra en la figura 31.

Figura 32.*Curva de Temperatura de Fermentación con Selección de Datos*

Fuente: El autor (2021).

La etapa anaerobia llevada a cabo durante las primeras 48 horas, inició con 25°C y alcanzó una temperatura máxima de 38,6°C con tendencia exponencial. Lo anterior coincide con lo afirmado por (De Vuyst & Weckx, 2016) quien afirma que en la etapa anaerobia la producción de etanol por las levaduras es un proceso exotérmico, causando aumento de temperatura en la masa de granos en fermentación desde temperatura ambiente (25°C - 30°C) a (35°C – 40°C) a las 48 horas del proceso.

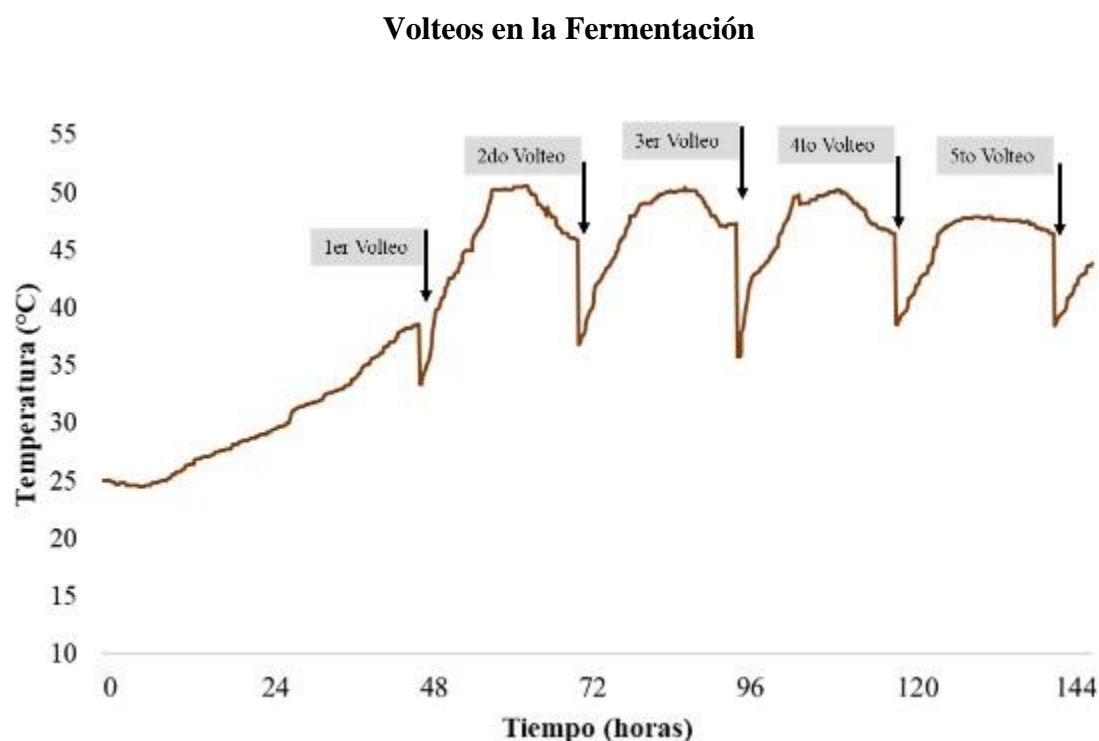
La etapa aerobia inició después del primer volteo a las 48 horas de la etapa; como

resultado de oxigenar la masa fermentante la temperatura de la mezcla inicialmente presentaba una caída de temperatura hasta de 10°C e iniciaba su aumento exponencial alcanzando temperaturas hasta de 50,6°C después de las 12 horas de realizar el volteo. Los resultados de la etapa aerobia concuerdan con lo afirmado por (Cubillos et al., 2008; De Vuyst & Weckx, 2016) quienes describen que al igual que las actividades fermentativas de las levaduras, las bacterias ácido lácticas y ácido acéticas son exotérmicas, en particular la oxidación del ácido acético la temperatura de fermentación asciende a (45°C -50°C) e incluso más, lo que resulta en una disminución de todos los microorganismos.

La investigación realizada permite analizar el comportamiento detallado de la temperatura de la masa fermentante, diferentes autores como (Steinau, 2017), en sus investigaciones han definido la temperatura como una variable de control para asegurar que la fermentación del grano se dé satisfactoriamente, la temperatura es registrada cada 24 horas con termómetros digitales antes de realizar cada volteo pero, este sistema no permite evidenciar todas las variaciones que presenta el proceso de fermentación y con ello poder realizar correcciones durante las etapas pues tal como lo define (Pérez & Contreras, 2017), la fermentación es un proceso que se ve afectado por muchas variables, algunas de las cuales el hombre puede controlar. Sin embargo, la complejidad del proceso no permite ofrecer recomendaciones generales sobre los tiempos y formas de fermentación. Así pues, para cada finca o central de beneficio se deben hacer las pruebas y controles del proceso necesarias para conocer la dinámica particular.

Volteos en la etapa de fermentación

Se realizaron en total 5 volteos para airear la masa de cacao, como se observa en la figura

Figura 33.*Frecuencia de Volteos Realizados en el Proceso de Fermentación*

Fuente: El autor (2021).

Los resultados de la curva de temperatura relacionada con la aireación de la masa muestran que al realizar los volteos y como consecuencia de la oxigenación de la masa de fermentación, se acelera el aumento de temperatura lo que sustenta que las condiciones de aireación influyen en el desarrollo de bacterias ácido acéticas. El máximo de temperatura se alcanza después de las 12 horas del volteo (50,6°C) e inicia su descenso, (Pérez & Contreras, 2017) describe que en la etapa de fermentación acética las bacterias consumen oxígeno a gran velocidad, por lo cual es necesario hacer las remociones para que entre oxígeno a la mezcla y se libere el CO₂ acumulado y se volatilice el ácido acético, con lo que se mejoran las características físicas y sensoriales del grano. Este resultado puede ser objeto de análisis y estudio con el fin de

definir frecuencias de volteos con mayor o menor frecuencia en la etapa de fermentación de las variedades objeto de estudio. La metodología aplicada a los granos de cacao permitió mantener los granos a temperaturas entre los 40 °C – 50°C durante los 4 días (96 horas) de la etapa aerobia.

La investigación del efecto de la frecuencia de volteo y el tiempo de fermentación sobre las propiedades de calidad y actividad antioxidante de los granos de cacao realizada por (Cardona, 2016), demostró que las frecuencias de volteo y tiempo de fermentación influyen en los atributos físicos del grano y un efecto significativo sobre el pH y acidez titulable.

Encontrando que cuando la masa se voltea cada 12 o 24 horas se obtienen granos con mejores atributos físicos, volteos cada 12 horas y por 7 días con resultado para índice de fermentación de $93,83 \pm 1,2$ y con volteos cada 24 horas y por 7 días $89,67 \pm 1,2$.

Análisis físicos, químicos y sensoriales

Contenido de humedad

Tabla 12.

Resultados del Contenido de Humedad

Muestra	Análisis	Método	Unidades	Resultados
001	Humedad	NTC 1252	%	6,75
002	Humedad	NTC 1252	%	6,04
Promedio			%	6,4

Fuente: El autor (2021).

Los resultados de la tabla 12 demuestran un promedio de 6,4% de humedad siendo un valor aceptable para el cumplimiento de los requisitos de la NTC 1252:2021 descritos en la tabla 7. Cabe resaltar que si bien se está cumpliendo el parámetro de humedad, existe la oportunidad de mejora para lograr un resultado más acercado al 7% para grano premium o 7,5% para grano

estándar según sea el destino que se dé al grano.

El punto óptimo de humedad del grano seco en el sitio de producción es calculado de forma empírica al realizar fricción y fuerza a un puñado de granos y estos deben crujir indicando que están secos. La inclusión de tecnología o equipos de medición (medidor de humedad de grano digital), este tipo de tecnología además de asegurar la calidad del grano haciendo que las características obtenidas de lote a lote sean homogéneas, también puede repercutir significativamente en los ingresos económicos al comercializar el grano.

Recuento de grano

Tabla 13.

Resultado de Análisis de Recuento de Grano

Masa de granos	Unidad	Número de granos
enteros		enteros
100,3	Gramos	58

$$\frac{\square\square\square\square}{\square\square} = \frac{\square\square\square\square\square\square\square\square \times 100}{\square\square\square\square\square\square}$$

$$\frac{\square\square\square\square}{\square\square} = \frac{58 \times 100}{100,3} = 57,8$$

El número de granos por 100g de la muestra analizada es de 57,8 unidades, tenemos en promedio de peso de grano 1,73 gramos por grano, indicando un buen índice de grano que se ve reflejado en la prueba de índice de grano.

Figura 34.*Prueba de Recuento de Grano*

Fuente: El autor (2021).

*Índice de grano***Tabla 14.***Resultados Análisis Índice de Grano*

Muestra	Cantidad de granos	Método	Peso	Unidad
001	100	NTC 1252	145	Gramos
002	100	NTC 1252	207	Gramos
003	100	NTC 1252	188	Gramos
Promedio General			180	Gramos
Promedio por grano			1,8	Gramos

Fuente: El autor (2021).

El promedio de resultados obtenidos en la tabla 14 clasifica en grano beneficiado como Premium/Especial según la NTC 1252:2021 descritos en la tabla 7.

Según la caracterización realizada por (Villamil et al., 2013), el índice de grano para la variedad ICS-39 es de 2,3 g y para CCN-51 es de 1,6 g, en promedio para la mezcla de variedades el índice de grano podría estar en el orden de 1,95 g. Los resultados obtenidos 1,8 g se acercan al promedio calculado sin dejar de contemplar que no se conocen los porcentajes de los granos de cada variedad en la muestra analizada.

Figura 35.

Prueba de Índice de Grano



Fuente: Los autores (2021)

Contenido de almendra

Tabla 15.

Resultados Análisis Contenido de Almendra

Masa muestra	Unidad	Peso almendras	Peso Cáscara
100,3	Gramos	90,4	9,9

Fuente: El autor (2021).

El contenido de almendra obtenido es de 90,4 gramos por 100,3 gramos de grano entero (90%) y cáscara (10%).

En la caracterización de cultivares (Villamil et al., 2013) describen % de cascarilla para la variedad ICS 39 y CCN-51 con $11,5\% \pm 0,63$ y $11,8\% \pm 0,49\%$ respectivamente para un promedio de $11,65\%$.

Figura 36.

Prueba de Contenido de Almendra



Fuente: Los autores (2021).

Análisis sensorial externo para grano de cacao seco

Tabla 16.

Concepto del Análisis Sensorial Realizado a los Granos

Característica evaluada	Resultado
Apariencia	La muestra evaluada (muestra de referencia), se observan granos limpios con tonalidades marrón claro y oscuro. Los granos se encuentran libres de

	<p>moho, perforaciones e insectos, así mismo se encuentra libre de elementos extraños.</p> <p>La muestra de referencia se encuentra libre de granos partidos, granos planos y germinados.</p>
Textura y consistencia	<p>La textura de los granos es rugosa en su cáscara, la rugosidad es resultado de residuos de mucílago que queda adherido en el grano y al secarse aporta rugosidad.</p> <p>Los granos se observan quebradizos al friccionar granos con granos y en esta actividad la cáscara o testa se quiebra con facilidad y se desprende del cotiledón.</p>

Fuente: El autor (2021).

Prueba de corte y análisis de características sensoriales internas del grano

Realizado el corte longitudinal de los 100 granos de cacao seco tomados aleatoriamente, se realiza el análisis organoléptico cualitativo asignando cada grano a la clasificación de granos bien fermentados, granos insuficientemente fermentados y granos sin fermentar o pizarrosos.

*Prueba de corte***Tabla 17.***Resultados Prueba de Corte*

Requisito	Cantidad de granos	%
Granos bien fermentados, en %	89	89
Granos insuficientemente fermentados y violetas, en %	11	11
Granos sin fermentar o pizarrosos, en %	0	0

Fuente: El autor (2021).

Figura 37.*Prueba de Corte*

Fuente: El autor (2021).

Figura 38.*Selección Cualitativa de la Prueba de Corte*

Fuente: El autor (2021).

Nota: Los granos seleccionados con amarillo corresponden a granos insuficientemente fermentados, tonalidad leve de color morado.

Tabla 18.*Análisis de Características Sensoriales Internas del Grano*

Característica evaluada	Resultado
Apariencia	Los granos evaluados tienen apariencia estriada, acanalada y arriñonada.
Color	El 89% de los granos evaluados presentan color entre café oscuro y café

	pardo.
	El 11% de los granos evaluados presentan tonalidad leve de color morado en el cotiledón que corresponden a un grano insuficientemente fermentado.
Textura y conformación	Los granos evaluados presentaron textura granulosa, al momento de realizar el corte algunas partículas se desprendían por esta característica. Al momento de realizar el corte la almendra se separa de la cáscara. La textura interna de los granos es rugosa por las estrías que se formaron en la etapa de fermentación.
Sabor	El sabor es característico del cacao, atributos ácidos, astringente y amargo. Ausencia de sabores atípicos como sabor a moho.
Olor	El olor es característico de la fermentación acética que presenta un olor ácido, los granos presentan olor a chocolate.

Conclusiones

El monitoreo de la temperatura en el proceso de fermentación indica que en la etapa anaerobia se alcanzó un máximo de 38,6 °C, posteriormente en la etapa aerobia se alcanzó temperatura máxima de 50,6°C en la mezcla de fermentación, esto confirma que los protocolos que se realizan en el proceso de fermentación influyen positivamente en las características físicas, químicas y sensoriales del grano. Los resultados de la curva de temperatura relacionada con los volteos demostraron que al realizar las remociones y como consecuencia de la aireación de la masa se acelera el aumento de temperatura afirmando que las condiciones de aireación favorecen el desarrollo de bacterias ácido lácticas y acéticas, el máximo de temperatura se alcanza después de las 12 horas del volteo e inicia su descenso, este resultado puede ser objeto de análisis y estudio con el fin de definir y estandarizar frecuencias de volteos para la poscosecha de los varietales objeto de estudio.

Los resultados obtenidos en el seguimiento detallado de la variable temperatura en la fermentación de cacao, demostraron que la temperatura de la masa de fermentación no es precisamente estable cuando se alcanza la máxima temperatura, sino que presenta variación producto de los volteos y de la ausencia de oxígeno.

La caracterización de las variedades CCN 51 e ICS 39 producidas en la finca García, permiten clasificar el grano de cacao seco obtenido de acuerdo con la NTC 1252:2021 como un cacao premium/especial, con un porcentaje de granos bien fermentados del 89%, granos insuficientemente fermentados y violetas 11%, granos sin fermentar o pizarrosos 0%, masa de 100 granos con un promedio de 180 g, contenido de humedad del 6,4%, ausencia de granos con moho interno y granos dañados por insectos o germinados.

Las características sensoriales del grano obtenido lo clasifican como un grano premium/especial para comercialización nacional, los resultados demuestran la importancia del monitoreo y control del proceso durante la poscosecha del grano de cacao, lo que permite mejorar las características físicas, químicas y sensoriales del grano y como consecuencia la calidad de los subproductos obtenidos a partir de la materia prima cacao.

Recomendaciones

Se recomienda realizar investigación y ensayos para el uso de cultivos iniciadores en la etapa de fermentación, que pretenda pasar de fermentación espontánea a fermentación controlada y en este mismo sentido estudiar microorganismos que puedan generar características específicas de sabor o aroma al producto terminado.

Se recomienda continuar con el análisis en etapas posteriores de procesamiento a las muestras obtenidas, como la obtención de licor de cacao para caracterización sensorial, física y química.

Se recomienda continuar la investigación para el aprovechamiento de subproductos que se generan en el proceso poscosecha del cacao, en las dos variedades estudiadas se encontraron porcentajes de vaina-mazorca del 70 y 65% para las variedades CCN 51 e ICS 39 respectivamente, así mismo con mucílago lixiviado ya que actualmente no tiene ningún uso y se elimina.

Se recomienda mediante investigación, anudar esfuerzos con otras escuelas, semilleros de investigación y programas para aumentar las variables de monitoreo en el proceso de fermentación que tienen lugar importante en la transformación del grano y que podrían afectar las condiciones de la masa como: temperatura exterior del cajón fermentador, pH, sólidos solubles (°Brix), humedad relativa, apoyados en el uso de nuevas tecnologías que puedan facilitar los

procesos poscosecha a los productores primarios y de esta manera la producción pueda asegurar sus características en todas las cosechas.

Se recomienda realizar la divulgación y promoción de las buenas prácticas, protocolos y monitoreo que deben tener lugar en la producción de cacao en grano seco, así mismo dar a conocer a los pequeños y medianos productores la normatividad técnica que clasifica el grano de cacao seco (NTC 1252: 2021), en la actualidad parte de los productores no conocen la importancia de etapas claves como la fermentación y normatividad aplicable.

Referencias bibliográficas

- Afoakwa, E. O. (2010). *Chocolate Science and Technology. Science and Technology of Enrobed and Filled Chocolate, Confectionery and Bakery Products*.
<https://doi.org/10.1533/9781845696436>
- Andruszkiewicz, P. J., D'Souza, R. N., Corno, M., & Kuhnert, N. (2019). Chemistry of Cocoa Bean Roasting. *Food Research International*, 151.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109164>
- Beckett, S. T. (2009). *Industrial Chocolate Manufacture and Use. Industrial Chocolate Manufacture and and Use*. Recuperado de
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781444301588>
- CAOBISCO/AEC/FCC. (2015). *Cacao en Grano: Requisitos de Calidad de la Industria del Chocolate y del Cacao. Revista Brasileira de Medicina* (Vol. 69). Recuperado de
[http://www.cocoaquality.eu/data/Cacao en Grano Requisitos de Calidad de la Industria Apr 2016_es.pdf](http://www.cocoaquality.eu/data/Cacao%20en%20Grano%20Requisitos%20de%20Calidad%20de%20la%20Industria%20Apr%2016_es.pdf)
- Cardona, L. M. (2016). *Influencia del proceso de fermentación sobre las características de calidad del grano de cacao (Theobroma cacao)*. Recuperado de
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59884>
- CNCh. (2019a). *Cosecha, beneficio y calidad del grano de cacao (Theobroma cacao L.)*. Recuperado de <https://www.chocolates.com.co/wp-content/uploads/2019/09/Cartilla-Cosecha-Benef-Calidad-SEP-2019.pdf>

CNCh. (2019b). El grano de cacao y su calidad. Recuperado de https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2020/06/El-grano-de-cacao-y-sucalidad_compre.pdf

CNCh. (2021). ¿Cuál es la Infraestructura ideal para fermentación y secado de cacao?

Recuperado 16 de mayo de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=NeKHUjMsq9M>

Congreso Nacional. (1979). LEY 9 de 1979 Por la cual se dictan medidas sanitarias. Recuperado 5 de julio de 2021, de

https://normograma.invima.gov.co/docs/ley_0009_1979.htm?q=ley+9+

Cubillos, G., Merizalde, G., & Correa, E. (2008). Manual de beneficio del cacao. Para: técnicos, profesionales del sector agropecuario y productores., 29. Recuperado de

https://www.chocolates.com.co/wp-content/uploads/2018/05/manual_beneficio_cacao.pdf

De Vuyst, L., & Weckx, S. (2016). The cocoa bean fermentation process: from ecosystem analysis to starter culture development. *Journal of Applied Microbiology*, 121(1), 5-17.

<https://doi.org/10.1111/jam.13045>

Fedecacao. (2013a). Cosecha, Fermentación y Secado del Grano de Cacao. Recuperado de

http://www.fedecacao.com.co/portal/images/Cartilla/Fichas_Calidad_y_Beneficio.pdf

Fedecacao. (2013b). El beneficio del cacao.

Fedecacao. (2021). Economía Nacional, Producción Nacional de Cacao. Recuperado 7 de febrero

de 2021, de <https://www.fedecacao.com.co/portal/index.php/es/2015-02-12-17-20-59/nacionales>

Fedecacao, F. N. D. C. (2013c). Guía ambiental para el cultivo del cacao, 1-126.

Google Maps. (s. f.). Recuperado 23 de agosto de 2021, de

<https://www.google.com/maps/@7.060022,-73.057769,15.88z/data=!5m1!1e2?hl=es>

- ICA. (2017). Resolución 030021:2017 Requisitos para la certificación en buenas prácticas agrícolas en producción primaria de vegetales y otras especies para consumo humano. Recuperado 4 de julio de 2021, de <https://www.ica.gov.co/getattachment/9d8fe0fa-66d2-4feb-9513-cbba30dc4844/2017R30021.aspx>
- ICA. (2020). Resolución 082394 "Por medio de la cual se Modifica los artículos 2, 3, 4, 12, y 14 de la Resolución 30021 de 2017.
- ICCO. (2018). Growing Cocoa - International Cocoa Organization. Recuperado 7 de febrero de 2021, de <https://www.icco.org/growing-cocoa/>
- ICCO. (2020). Fine or Flavor Cocoa - International Cocoa Organization. Recuperado 7 de febrero de 2021, de <https://www.icco.org/fine-or-flavor-cocoa/>
- ICONTEC. (2010). NTC 5811:2010 Buenas prácticas agrícolas para cacao. Recolección y beneficio. Requisitos generales. Recuperado 4 de julio de 2021, de <https://e-collection-icontec-org.bdigital.sena.edu.co/normavw.aspx?ID=5107>
- ICONTEC. (2021a). NTC-ISO 2292:2021 Cacao en grano. Muestreo. Recuperado 4 de julio de 2021, de <https://e-collection-icontec-org.bdigital.sena.edu.co/normavw.aspx?ID=79966>
- ICONTEC. (2021b, marzo 17). NTC 1252: 2021 Cacao en grano. Especificaciones y requisitos de calidad. Recuperado 21 de junio de 2021, de <https://e-collection-icontec-org.bdigital.sena.edu.co/normavw.aspx?ID=79971>
- IICA. (2017). *Manual técnico del cultivo de cacao Buenas prácticas para América Latina*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Recuperado de <file:///C:/Users/usuario/Downloads/BVE17089191e.pdf>
- ISO. (2017). ISO 2451:2017 Cacao en grano. Especificaciones y requisitos de calidad. Recuperado 4 de julio de 2021, de <https://e-collection-icontec-org.bdigital.sena.edu.co/normavw.aspx?ID=46158>

Mejía, C., Castro, M., Carvajal, L., Castrillón, H., & Puerta, N. (2017). *Agroindustria del cacao*.

Recuperado de

https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5241/agroindustria_cacao.pdf;jsessionid=DFB7BBDEA1993DEAFF8F353580A0A09F?sequence=1

Minagricultura. (2020). *Cadena de Cacao*. Recuperado de

[https://sioc.minagricultura.gov.co/Cacao/Documentos/2019-06-30 Cifras Sectoriales.pdf](https://sioc.minagricultura.gov.co/Cacao/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf)

Minagricultura, & Mincomercio. (2007). Resolución 224:2007 Requisitos mínimos que deben cumplir los empaques de los productos agrícolas para consumo humano. Recuperado 4 de

julio de 2021, de <http://www.suin->

[juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Resolucion/30033920](http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Resolucion/30033920)

Minagricultura, & Minprotección. (2007). INVIMA. Resolución 2906 de 2007 Por la cual se establecen los límites máximos de residuos de plaguicidas, LMR, en alimentos para consumo humano y en piensos o forrajes. Recuperado 4 de julio de 2021, de

https://normograma.invima.gov.co/docs/resolucion_minagricultura_2906_2007.htm?q=resolucion+2906

- Pérez, M. A., & Contreras, J. D. (2017). Guía de buenas prácticas de cosecha, fermentación y secado para la producción de cacaos especiales. *Coexca cacao fino y de aroma*, 22-41. Recuperado de https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Colombia/Documents/Guia_de_buenas_practicas_de_poscosecha.pdf
- Rodriguez-Medina, C., Escobar, S., Caro-Quintero, A., & Yockteng, R. (2020). *THE EARTH AND ITS RESOURCES A DELICIOUS STORY MADE OF CHOCOLATE*. <https://doi.org/10.3389/frym.2020.00033>
- Santander Muñoz, M., Rodríguez Cortina, J., Vaillant, F. E., & Escobar Parra, S. (2020). An overview of the physical and biochemical transformation of cocoa seeds to beans and to chocolate: Flavor formation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(10), 1593-1613. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1581726>
- Steinau, I. (2017). Evaluación de la incidencia de la fermentación en la calidad del grano de cacao trinitario en Caluco, Sonsonate, El Salvador. *Agrociencia. Serie Fitociencia*, 1(1), 101. Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14635/1/13101640.pdf>
- Teneda Llerena, W. F., & Teneda Espín, Á. J. (2020). Cacao (*Theobroma cacao* L.) Impacto en la tecnología y en la innovación. Recuperado 3 de julio de 2021, de <https://www-alphaeditorialcloud-com.bdigital.sena.edu.co/reader/cacao-theobroma-cacao-1?location=1>
- Teneda, W. (2016). *Mejoramiento del Proceso de Fermentación del Cacao (Theobroma cacao L.) Variedad Nacional y Variedad CCN51*. Universidad Internacional de Andalucía.

Recuperado de <https://url2.cl/VB8Tk>

Villamil, A., Martínez, N., Aranzazu, F., & Cadena, T. (2013). Características de calidad del cacao de Colombia, catálogo de 26 cultivares, 107. Recuperado de <https://ediciones.uis.edu.co/index.php/publicacionesuis/catalog/book/19>

Apéndices

Apéndice A. Reporte de resultados de análisis de humedad

Muestra 001



REPORTE DE RESULTADOS N° FQ-198085

Fecha de Emisión: 18 de Junio de 2021	Código de la muestra: 198085
Solicitante: CAROLINA OROZCO ORTIZ	
Dirección: CALLE 58A No. 19-29	
Muestra: CACA'O EN GRANO SECO – MEZCLA DE VARIEDADES CCN 51 / ICS 39 MUESTRA 001	Lugar de muestreo: FINCA GARCÍA
Fecha de muestreo: 16 de Junio de 2021	Matriz: Alimento – Materia prima
Fecha de recepción: 16 de Junio de 2021	Responsable de muestreo: Solicitante
Envase o empaque: Plástico	Procedimiento de muestreo: Solicitante
Tipo de muestreo: Puntual	Tamaño de la muestra: 500 g
Condiciones de recepción de la muestra: Adecuada	Plan de muestreo: //
Observaciones: //	Lote: //

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Fecha de análisis:	VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
17/06/2021	HUMEDAD	NTC 1252	6,75	%

OBSERVACIONES:

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA. Este reporte de resultados es válido únicamente si tiene sello seco.

Nota: la muestra a la que se refiere los datos de este reporte, ha sido proporcionada por el SOLICITANTE, por lo tanto, SIAMA no es responsable del origen o fuente de donde se ha extraído dicha muestra. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la (o) muestra(s) y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha(s) muestra(s).

Elaboró: ESTEFANI MORALES APARICIO
COORDINADORA DE FÍSICOQUÍMICA
QUÍMICA AMBIENTAL PQAmb 00110

Revisó: SERGIO ALEXANDER ROJAS
DIRECTOR DE FÍSICOQUÍMICA
ING. BIOTECNOLÓGICO

FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS

Cualquier modificación, autorización, fraude o falsificación del contenido de la apariencia de este documento original y/o cualquier copia, será procesado con el máximo rigor de la ley.

Código: R-051 Versión: 0.4 Fecha: 06/02/2020 Página: 1 de 1

Muestra 002



REPORTE DE RESULTADOS N° FQ-198849

Fecha de Emisión: 08 de Julio de 2021	Código de la muestra: 198849
Solicitante: CAROLINA OROZCO ORTIZ	
Dirección: CALLE 56A No. 19-29	
Muestra: CACAO EN GRANO SECO – MEZCLA DE VARIEDADES CCN 51 / ICS 39 MUESTRA 002	Lugar de muestreo: FINCA GARCÍA
Fecha de muestreo: 06 de Julio de 2021	Matriz: Alimento – Materia prima
Fecha de recepción: 07 de Julio de 2021	Responsable de muestreo: Solicitante
Envase o empaque: Plástico	Procedimiento de muestreo: Solicitante
Tipo de muestreo: Puntual	Tamaño de la muestra: 500 g
Condiciones de recepción de la muestra: Adecuada	Plan de muestreo: //
Observaciones: //	Lote: //

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Fecha de análisis:	VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
07/07/2021	HUMEDAD	NTC 1252	5,04	%

OBSERVACIONES:

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA. Este reporte de resultados es válido únicamente si lleva sello seco.

Nota: la muestra a la que se refieren los datos de este reporte, ha sido proporcionada por el SOLICITANTE, por lo tanto, SIAMA no es responsable del origen o fuente de donde se ha extraído dicha muestra. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la (s) muestra(s) y por tanto se refiere(n) única y exclusivamente a dicha(s) muestra(s).

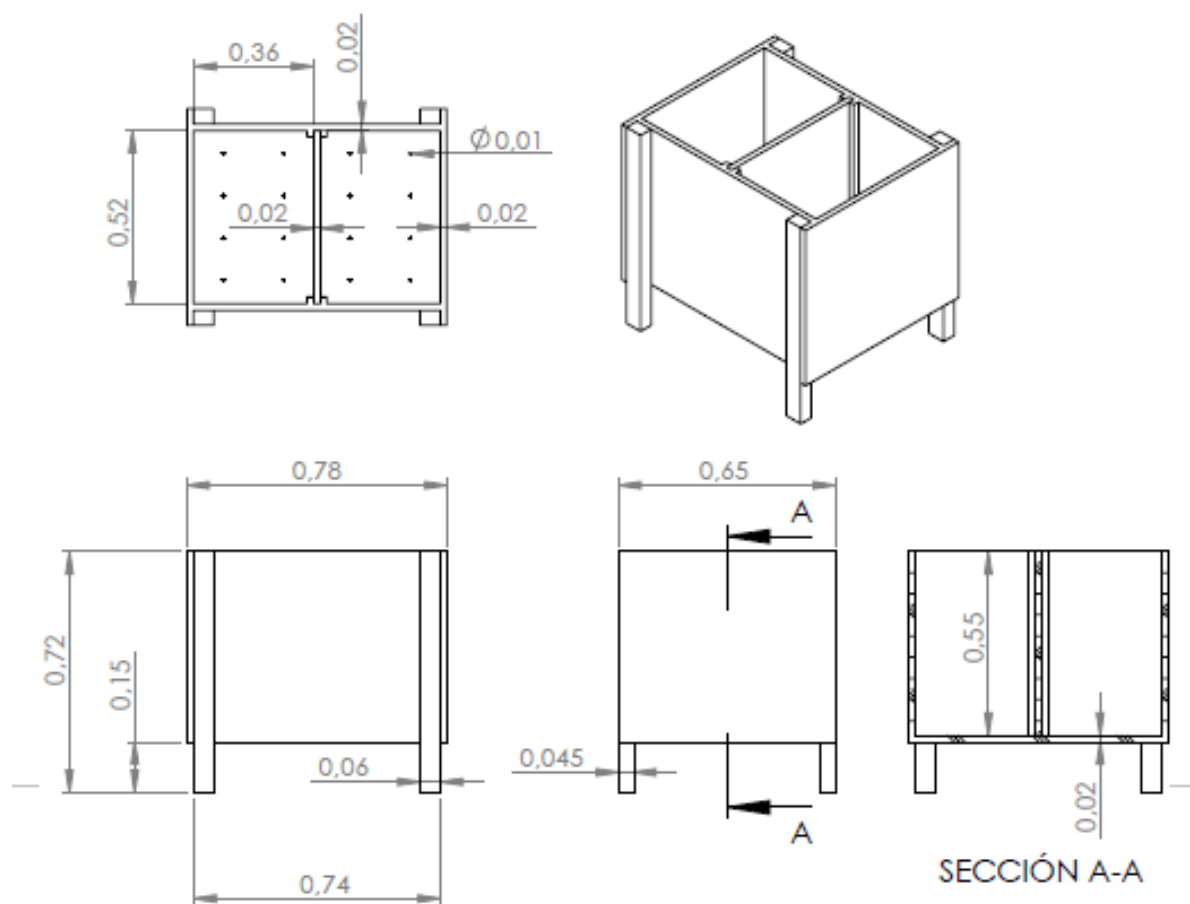
Elaboró: ESTEFANI MORALES APARICIO
COORDINADORA DE FÍSICOQUÍMICA
QUÍMICA AMBIENTAL PQAmb 00110

Revisó: SERGIO ALEXANDER ROJAS
DIRECTOR DE FÍSICOQUÍMICA
ING. BIOTECNOLÓGICO

FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS

Cualquier modificación no autorizada, o todo o la totalidad del contenido o de la apariencia de este documento, es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

Código: R-051 Versión: 0.4 Fecha: 06/02/2020 Página: 1 de 1

Apéndice B. Planos del cajón fermentador usado en el proceso de fermentación

Apéndice C. Registro fotográfico del proceso poscosecha del cacao



Imagen 1. Cosecha de mazorcas variedades CCN51 – ICS39



Imagen 2. Desgranado de mazorcas



Imagen 3. Adición del cacao en baba al cajón fermentador, inicio del proceso de fermentación



Imagen 4. Cambios en la etapa de fermentación



Imagen 5. Volteos en la etapa de fermentación



Imagen 6. Secado de los granos de cacao

Apéndice D. Registro fotográfico del monitoreo y seguimiento de temperatura

Imagen 1. Temperatura inicial 25°C



Imagen 2. Temperatura fermentación 32,9°C

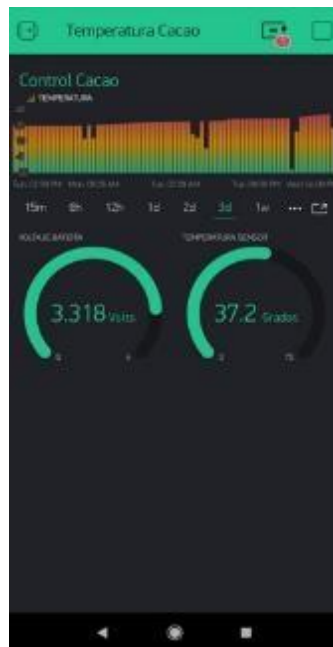


Imagen 3. Temperatura fermentación 37,2°C



Imagen 4. Temperatura fermentación 47,4°C



Imagen 5. Temperatura fermentación 50,6°C

Apéndice E. Registro fotográfico de la caracterización de grano de cacao seco



Imagen 1. Prueba de recuento de grano



Imagen 2. Prueba de índice de grano



Imagen 3. Prueba de contenido de almendra



Imagen 4. Análisis sensorial de características internas del grano



Imagen 5. Prueba de corte y análisis de características físicas del grano

Apéndice F. Base de datos registro equipo de monitoreo y seguimiento de temperatura

	A	B	C
1	FECHA	HORA	TEMPERATURA
2	19/06/2021	10:16:00	25,00
3	19/06/2021	10:26:00	25,00
4	19/06/2021	10:36:00	25,00
5	19/06/2021	10:46:00	25,00
6	19/06/2021	10:56:00	25,00
7	19/06/2021	11:06:00	25,00
8	19/06/2021	11:16:00	25,00
9	19/06/2021	11:26:00	24,90
10	19/06/2021	11:36:00	24,90
11	19/06/2021	11:46:00	24,90
12	19/06/2021	11:56:00	24,90
13	19/06/2021	12:06:00	24,70
14	19/06/2021	12:16:00	24,70
15	19/06/2021	12:26:00	24,70
16	19/06/2021	12:36:00	24,70
17	19/06/2021	12:46:00	24,80
18	19/06/2021	12:56:00	24,80
19	19/06/2021	13:06:00	24,80
20	19/06/2021	13:16:00	24,80
21	19/06/2021	13:26:00	24,80
22	19/06/2021	13:36:00	24,80
23	19/06/2021	13:46:00	24,60
24	19/06/2021	13:56:00	24,60
25	19/06/2021	14:06:00	24,60
26	19/06/2021	14:16:00	24,60
27	19/06/2021	14:26:00	24,60
28	19/06/2021	14:36:00	24,60
29	19/06/2021	14:46:00	24,60
30	19/06/2021	14:56:00	24,60
31	19/06/2021	15:06:00	24,60
32	19/06/2021	15:16:00	24,60
33	19/06/2021	15:26:00	24,60
34	19/06/2021	15:36:00	24,60
35	19/06/2021	15:46:00	24,50
36	19/06/2021	15:56:00	24,50
37	19/06/2021	16:06:00	24,50
38	19/06/2021	16:16:00	24,50
39	19/06/2021	16:26:00	24,50
40	19/06/2021	16:36:00	24,60
41	19/06/2021	16:46:00	24,60
42	19/06/2021	16:56:00	24,60
43	19/06/2021	17:06:00	24,60
44	19/06/2021	17:16:00	24,60
45	19/06/2021	17:26:00	24,60
46	19/06/2021	17:36:00	24,80
47	19/06/2021	17:46:00	24,80
48	19/06/2021	17:56:00	24,80
49	19/06/2021	18:06:00	24,80

Imagen 5. Base de datos obtenida al descargar y dar tratamiento a los datos.